

Hydraulische toetsing KSO BWO

**Verslag van hydraulische
toetsing inrichtingsvarianten
BWO en KSO.**

Ir. N.G.M van den Brink, 12 november 2009

Inhoudsopgave

.....

1. Aanpak 3

- 1.1 Achtergrond 3
- 1.2 Wat wel in dit rapport 3
- 1.3 Wat niet in dit rapport 3
- 1.4 Doel 3

2. Aanpak 4

- 2.1 Uitgangspunten 4
- 2.2 Procedure 4

3. Resultaten 5

- 3.1 Inleiding 5
- 3.2 Referentie 5
- 3.3 De maatregelen 6
- 3.4 KSO 7
 - 3.4.1. Inrichtingsplan (ks34f9_dhy) 7
 - 3.4.2. Hydraulisch effect inrichtingsplan 10
 - 3.4.3. MHW stand in de uiterwaard 12
 - 3.4.4. Inundatiefrequentie van de uiterwaard 13
 - 3.4.5. Stroombeeld in de uiterwaard 14
 - 3.4.6. Stroombeeld bij aantakking van nevengeulen 15
 - 3.4.7. Aanzanding en erosie van de uiterwaard 17
 - 3.4.8. Prioritaire gebieden (ks34f9_dhy-p) 18
 - 3.4.9. X gebieden (ks34f9_dhy-x) 22
 - 3.4.10. Conclusie 26
- 3.5 BWO 27
 - 3.5.1. Inrichtingsplan 27
 - 3.5.2. MHW waterstand in de uiterwaard 32
 - 3.5.3. Inundatiefrequentie van de uiterwaard 32
 - 3.5.4. Stroombeeld in de uiterwaard 33
 - 3.5.5. Stroombeeld bij de aantakking van nevengeulen 34
 - 3.5.6. Aanzanding en erosie van uiterwaard 35
 - 3.5.7. Prioritaire gebieden BWO (wp34f1_g-p) 36

4. Conclusies 40

Bijlagen 41

- Bijlage 1. Toelichting bij de gehanteerde vegetatieruwheidscodes 41
- Bijlage 2. Bijzondere geleidewerken 46

1. Aanpak

1.1 Achtergrond

In de eerste twee weken van april 2009 zijn door VHP ontwerpen gemaakt van de Keizers, Stobben, Olster waard en Zandweerd ten oosten van de vaarweg, en voor de Ossenwaard, de Worp, en Bolwerksplas aan de westzijde van de vaarweg. Op 27 april zijn in overleg met Haskoning en Jos Rademakers mogelijke interventienivo's bepaald.

In de periode daarna zijn de ontvangen ontwerpen en mogelijke interventienivo's onderzocht op hun hydraulisch effect bij maatgevende afvoeren. Van deze toetsingen volgt hier een verslag.

1.2 Wat wel in dit rapport

De nadruk bij de toetsingen ligt sterk op effecten op de taakstelling en daarmee op de maatgevende hoogwaterstanden in de as van de rivier. Voor deze toetsing valt het gebied uiteen in de twee deelgebieden respectievelijk oostelijk en westelijk van de vaarweg welke elk apart worden behandeld.

Naast deze toetsingen op de MHW stand in de as van de rivier wordt in dit rapport aandacht besteed aan:

- a. MHW waterstand binnen de uiterwaard,
- b. Inundatiefrequentie van de uiterwaard,
- c. Stroombeeld binnen de uiterwaard,
- d. Stroombeeld bij de aantakking.

1.3 Wat niet in dit rapport

In deze rapportage wordt geen aandacht besteed aan de afvoerverdeling over de splitsingspunten bij laag of hoogwater. De reden hierachter is dat de afstand van het projectgebied tot de splitsingspunten erg groot is. Een eventueel effect zal sterk worden uitgedempt en dominant worden beïnvloed door werken op het tussenliggende traject.

In deze rapportage wordt geen aandacht besteed aan aanzanding en erosie van het zomerbed.

Deze zaken zijn in de voorbereiding wel nadrukkelijk aan de orde geweest. Na de keuze in Snip2a is aansluitend een parallel onderzoek opgezet voor dit onderwerp. Hierover wordt apart gerapporteerd.

1.4 Doel

Het doel van dit verslag is om inzicht te geven in de verrichte hydraulische toetsingen.

2. Aanpak

2.1 Uitgangspunten

Voor de berekeningen gelden de volgende overeengekomen uitgangspunten:

- a. PKB32 database als referentie,
- b. Geen actualisatie pijlers,
- c. Geen actualisatie bodemhoogte,
- d. Maatgevende afvoer van 16.000 m³/s op de Bovenrijn,
- e. Wetmatige afvoerverdeling,
- f. Qh relatie op het Ketelmeer,
- g. Randvoorwaarden, initiële vastgelegd in bron database,
- h. Bij de hydraulische effectbepaling worden beide projecten onafhankelijk van elkaar doorgerekend,
- i. Voor de berekeningen is gebruik gemaakt van WAQUA200801 (ook de referentie),
- j. Bij de invulling van vegetatie is gebruik gemaakt van de vegetatie en codering zoals beschreven in: “vegetatie en codering HR2001-PKB-HR2006 060921, HR2001 inrichtingsfase” er zijn geen nieuwe combinatie aangevraagd.

2.2 Procedure

De gevolgde procedure is als volgt:

Stap 1. Vertaling van de schets in een Baseline Maatregel. In deze stap wordt:

- a. analoge informatie vertaald naar Arc-Info coverages,
- b. worden de coverages gestructureerd volgens Baseline3.3 protocol,
- c. worden ‘toevoeg_lijst’ en ‘erase_lijst’ toegevoegd,
- d. en krijgt de maatregel een naam.

Stap 2. De maatregel wordt in de geografische referentiedatabase gemixt en er wordt een vertaling gemaakt naar WAQUA,

Stap 3. berekening effect van de maatregel,

Stap 4. analyse en rapportage.

3. Resultaten

3.1 Inleiding

Om in hoofdstuk 4 tot een juiste beoordeling van de effecten te komen wordt hier eerst de door Rijkswaterstaat geleverde database van de referentie kort beschreven.

3.2 Referentie

Voor de toetsing geldt de PKB32 database als referentie. Deze referentie beschrijft de huidige situatie in het terrein. Voor de meeste onderdelen is de beschrijving acceptabel. Twee onvolkomenheden zijn voor hydraulica van wat groter belang. Deze worden hieronder toegelicht:

a. Pijlers

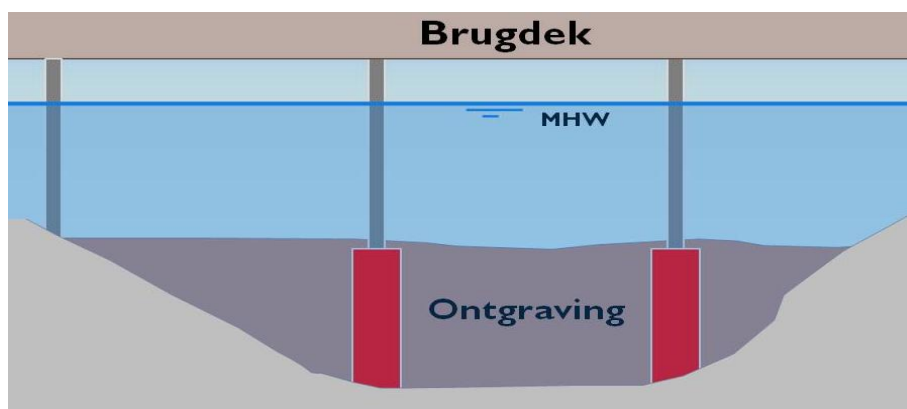
In de PKB32 baseline database zijn geen pijlers opgenomen. In 2008 is onderzocht hoe groot de invloed is van deze pijlers. Voor de huidige situatie leveren de pijlers tot 3 mm extra opstuwing bij maatgevende afvoeren. Met RWS PDR is overeengekomen dat er niet wordt getornd aan het vooraf vastgestelde beoordelingskader en dat de pijlers niet worden meegenomen in de hydraulische berekeningen.

Voorlopig zal in de berekeningen een extra marge van 3 mm worden nagestreefd om de omkisting van de pijlers in de effectbepaling op te kunnen vangen. Als de dimensies van die bekistingen bekend zijn zal het hydraulische effect ten opzichte van een aangepaste referentie (met pijlers) worden bepaald¹.

b. Bodemhoogte plassen

De bodemhoogte van in het gebied aanwezige plassen bevat afwijkingen tot 5 meter waarbij de bodemhoogte in de PKB32 referentiedatabase doorgaans lager is dan het prototype. De grootste afwijkingen zijn te vinden in de Hengforderwaarden. Bij actualisatie van de bodemhoogte in de Hengforderwaarden nemen de maatgevende waterstanden toe met ca 2 cm. Eveneens neemt het effect van nevengeulen door de

¹ De referentie moet worden aangepast om het effect van de pijlervoeten goed te kunnen bepalen. De situatie is schematisch weergegeven in de onderstaande figuur. Voor de maatregel is het effect van de rode vlakken relevant.



Keizers en Stobbenwaarden af. Met RWS PDR is overeengekomen dat voor de hydraulische toetsing de referentie wordt gehandhaafd.

3.3 De maatregelen

Van elke maatregel zijn er drie varianten gemaakt die onderling verschillen in de mate van begroeiing. In de volgende tabel is een overzicht gegeven van de varianten en de gehanteerde namen.

	KSO Zandweerd, Keizers, Stobben & Hengforderwaarden	BWO Bolwerksplas, de Worp en Ossenwaard
Inrichtingsplan	ks34f9_dhy	wp34f1_g
Prioritaire gebieden	ks34f9dhy_p	wp34f1_gp
X gebieden	ks34f9dhy_x	wp34f1_gx

Tabel 1. Overzicht varianten

Inrichtingsplan

De eerste rij betreft berekeningen waarbij het inrichtingsplan nauwgezet is gevolgd.

Prioritaire gebieden

In de tweede rij is het inrichtingsplan doorgerekend en is rekening gehouden met extra vegetatieontwikkeling in daarvoor belangrijke gebieden. Die belangrijke gebieden zijn met name de oeverwallen en de hoge gronden. Op de oeverwallen is ruigte aangenomen.

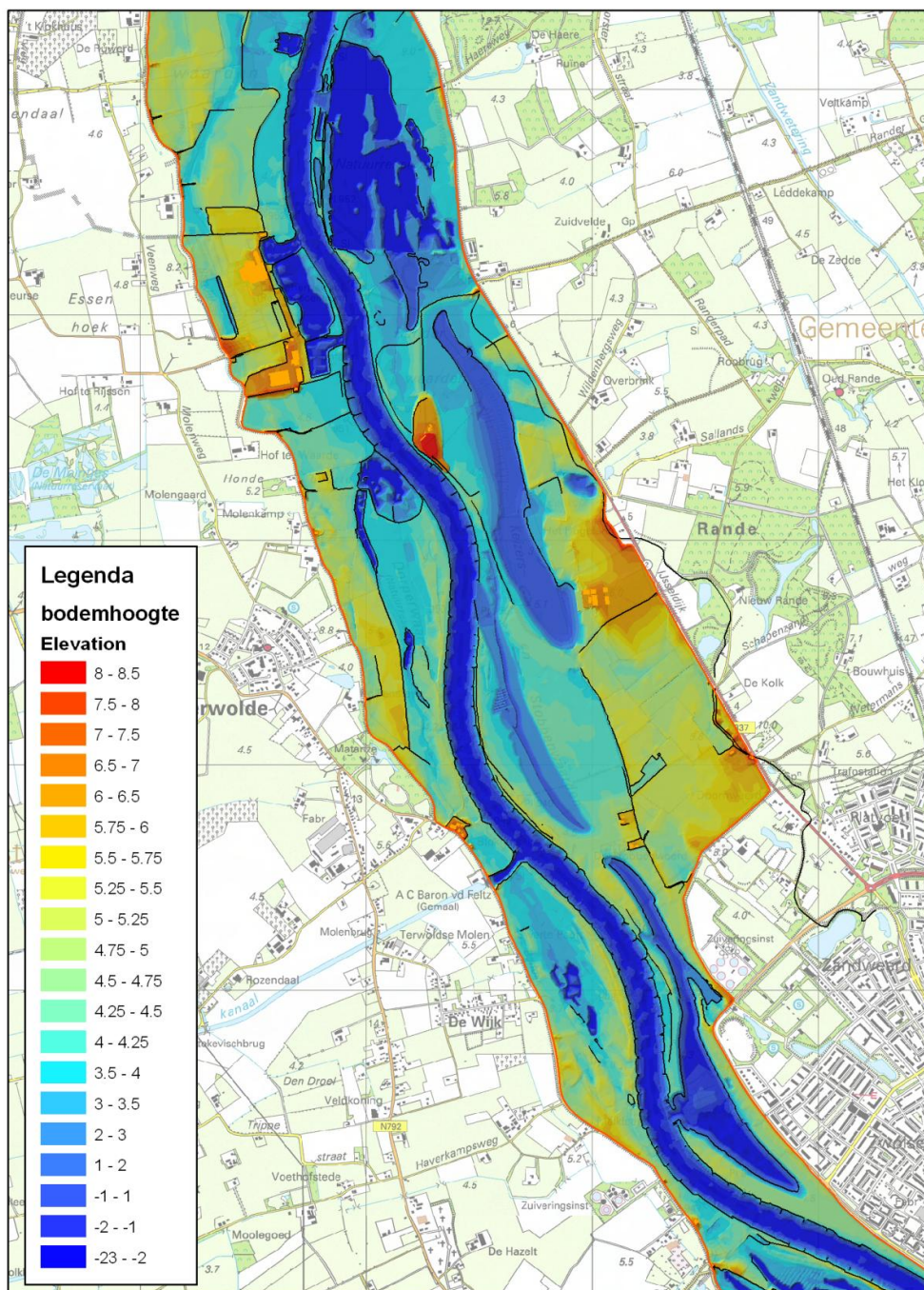
X gebieden

In de tweede rij is het inrichtingsplan doorgerekend met de vegetatieontwikkeling in de prioritaire gebieden en extra ontwikkeling van vegetatie. Die extra vegetatie betreft met name natte ruigten en oevers.

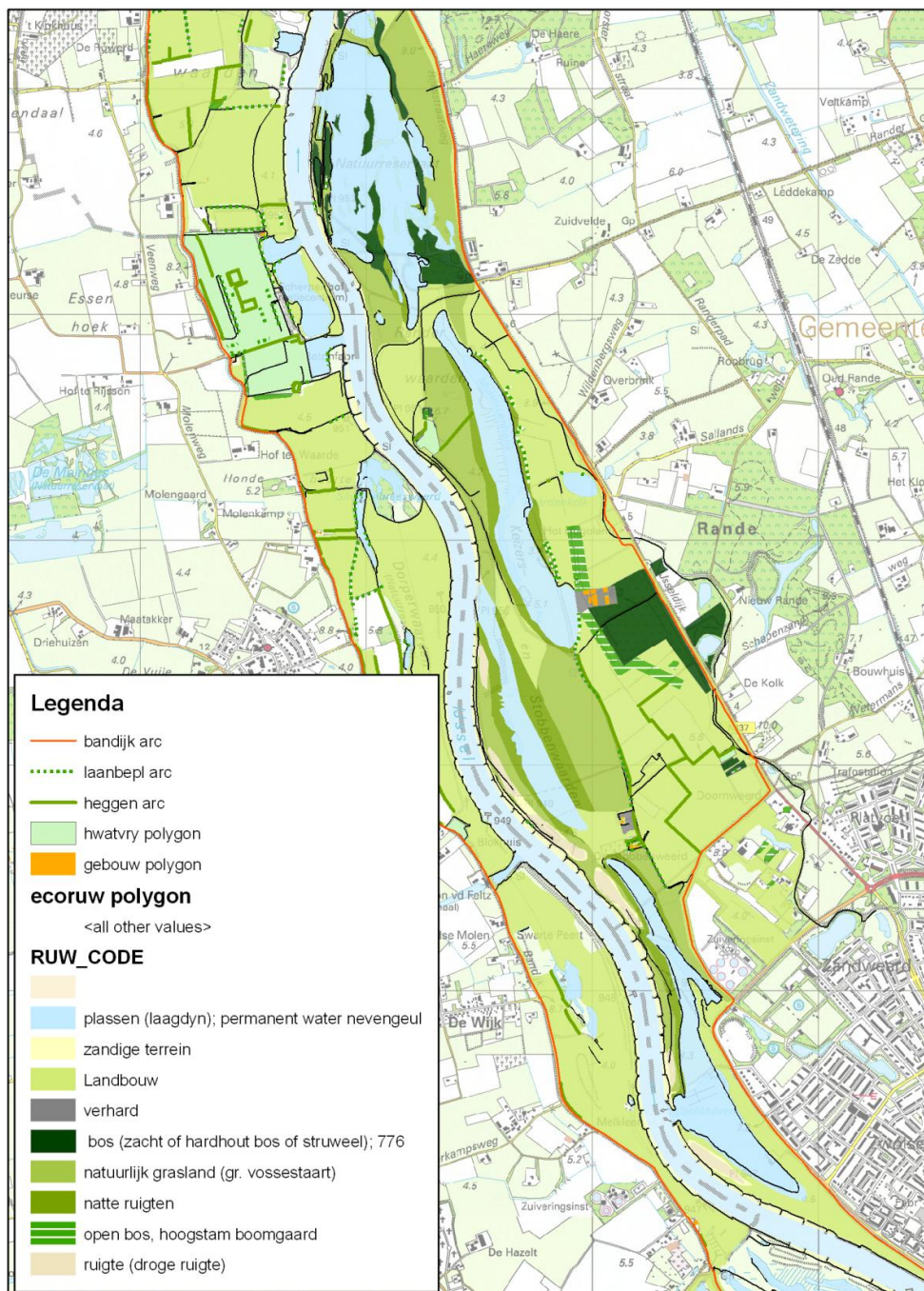
3.4 KSO

3.4.1. Inrichtingsplan (ks34f9_dhy)

Voor een beschrijving van het inrichtingsplan wordt verwezen naar het z.g. liggende boekje zoals dit op internet beschikbaar is (8 april 2009, inrichtingsplanrvdrdeventerlowres.pdf). Dit ontwerp is vertaald in een digitaal terreinhoogtemodel en een beschrijving van de vegetatie. Deze beschrijvingen zijn afgebeeld in de volgende 2 figuren.



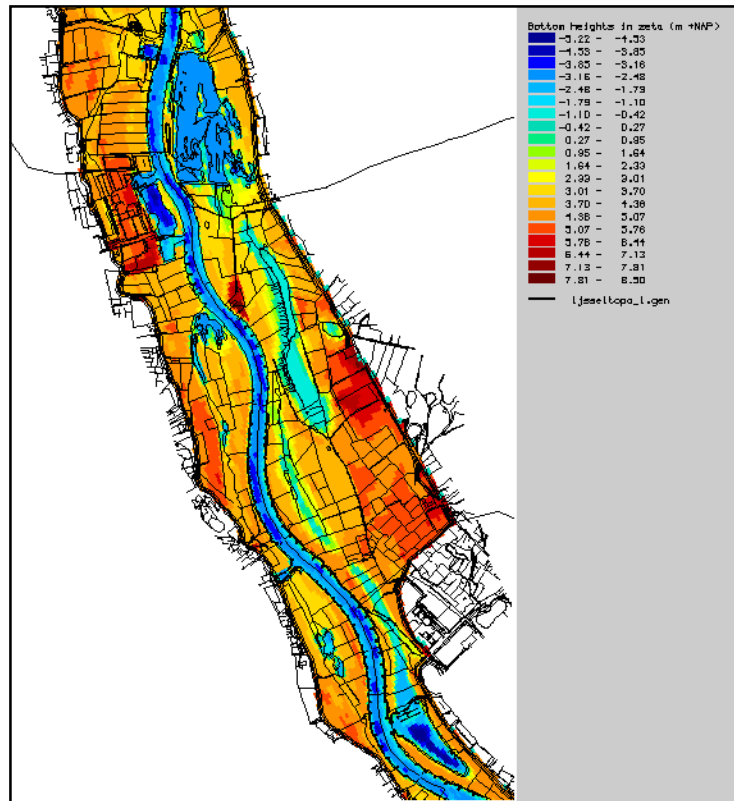
Figuur 1. Terreinhoogtemodel KSO (zwarte lijnen zijn overlaten)



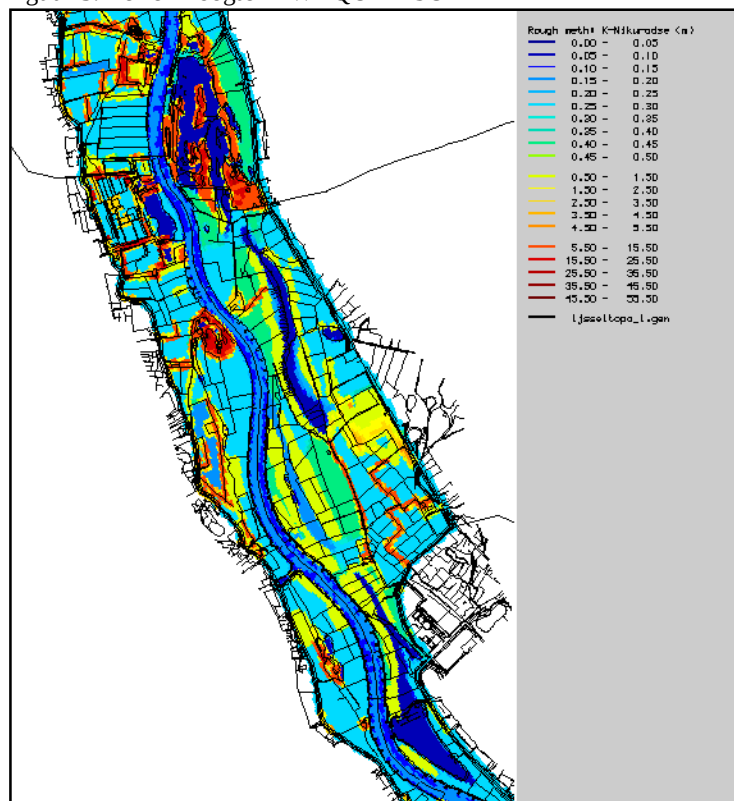
Figuur 2. Landgebruik inrichtingsplan KSO

De opgenomen natuurlijke graslanden en ruigten zijn in deze variant vrij van struwelen. De hiervoor afgebeelde terreinhoogte en landgebruik (ruwheidv) worden vertaald naar terreinhoogte en weerstanden in het WAQUA rekenrooster (rijn40m_1.rgf).

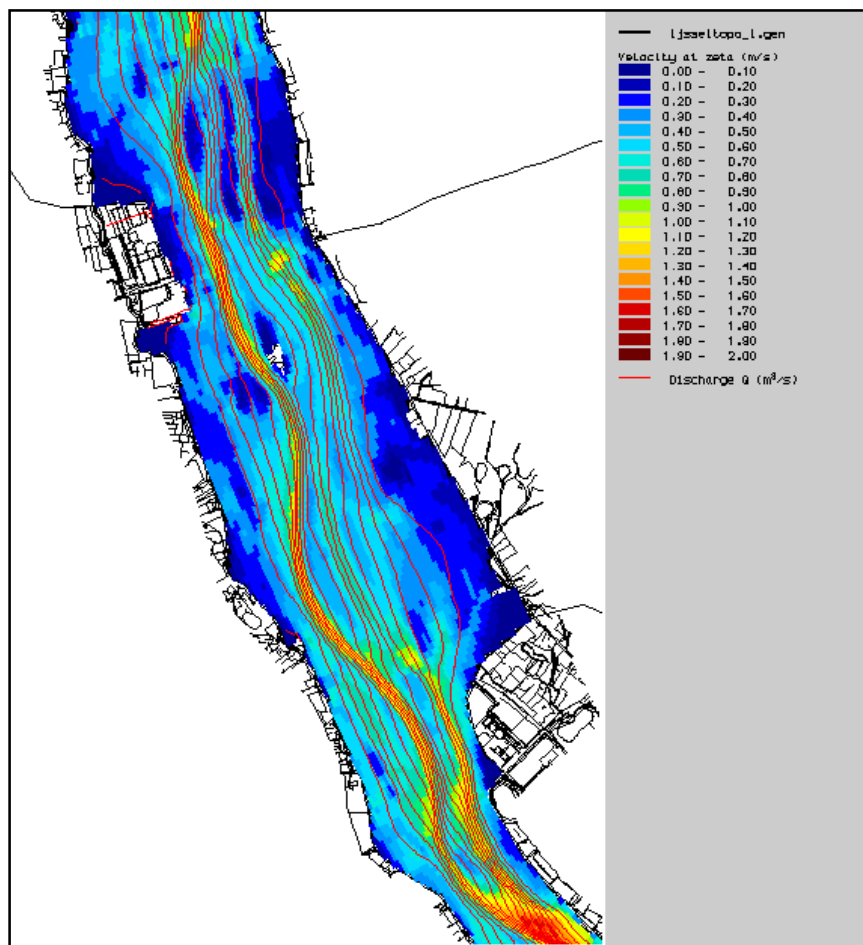
De terreinhoogte, ruwheden, overlaten en het berekende stroombeeld zijn afgebeeld in de volgende figuren.



Figuur 3. Terreinhoogte in WAQUA KSO

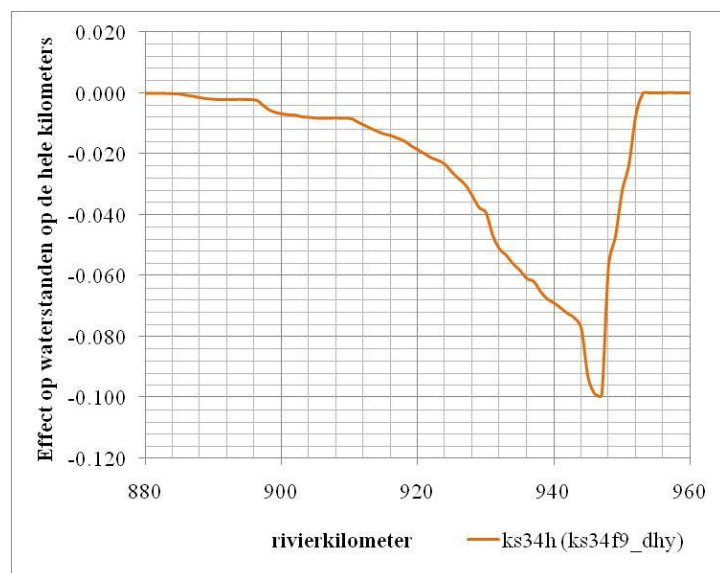


Figuur 4. Ruwheidshoogte in Nikuradse k waarden

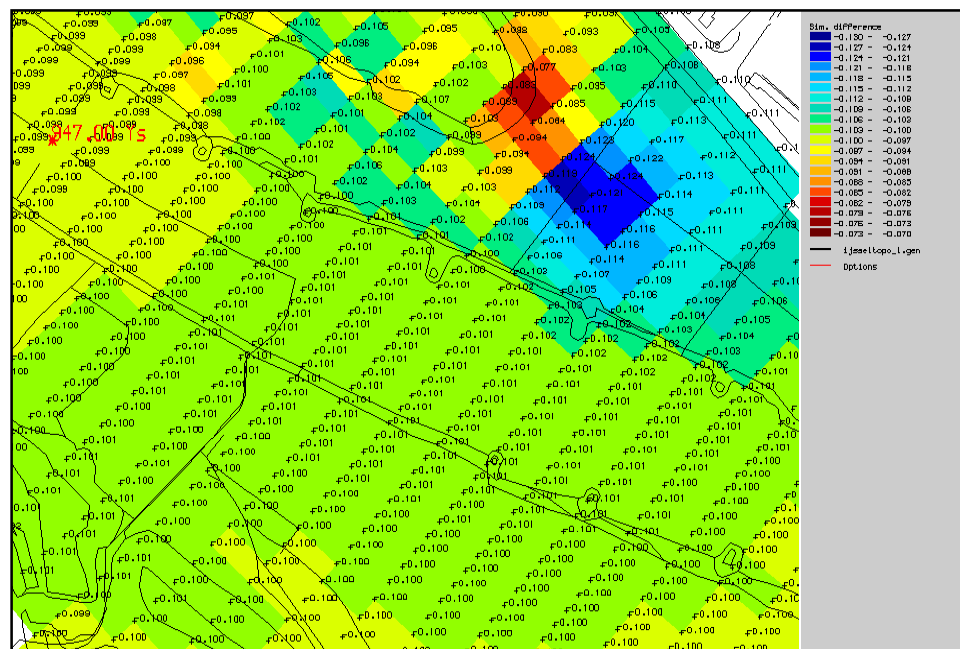


Figuur 5. Stroombeeld ($dQ = 150 \text{ m}^3/\text{s}$)

3.4.2. Hydraulisch effect inrichtingsplan



Figuur 6. Berekend effect op de as rivier (hele kilometers)



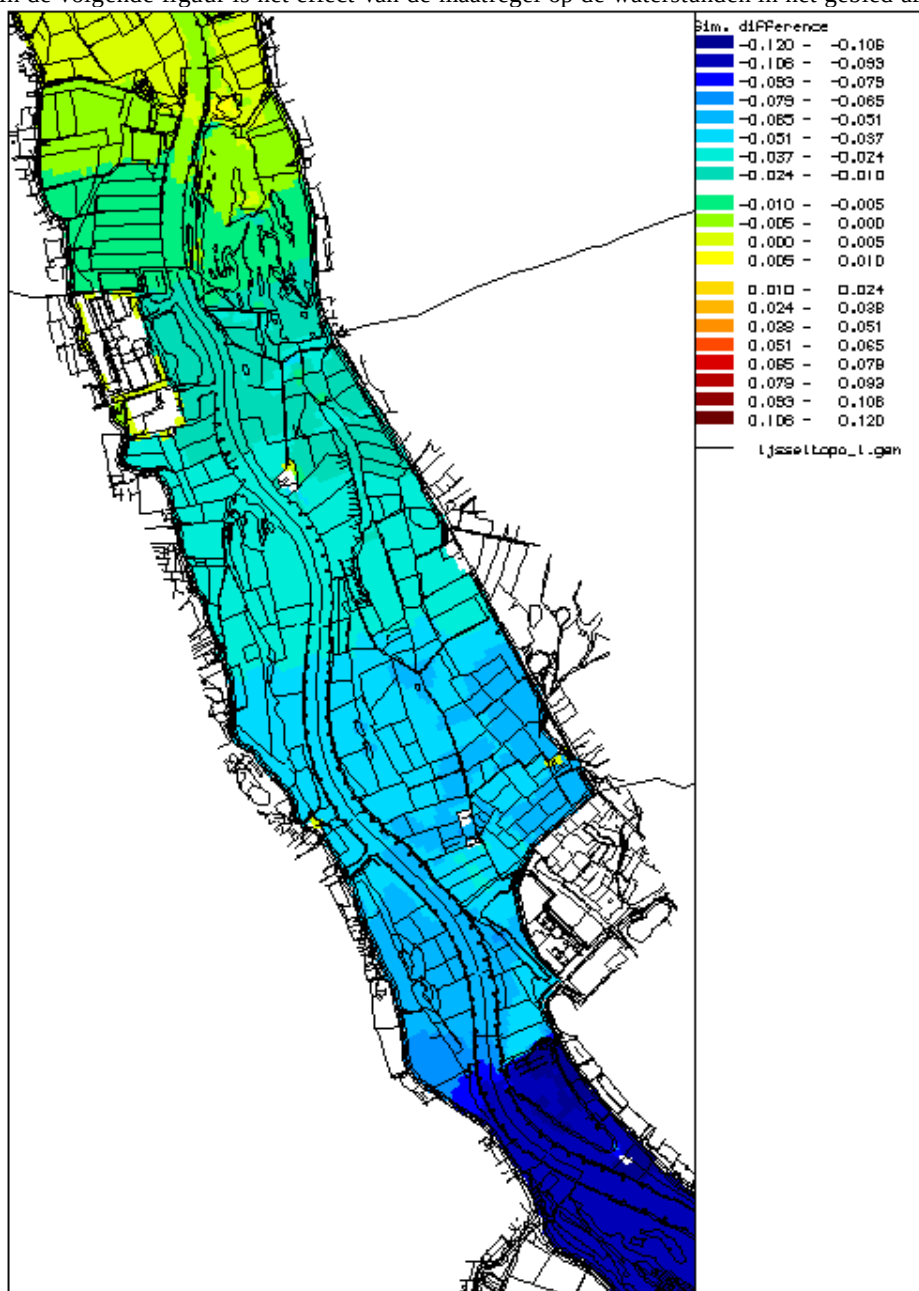
Figuur 7. Maximale waterstandsverlaging bij het taakstellingspunt.

Maximale waterstandsverlaging bij het taakstellingspunt (946,5 -947,5) KSO Zandweerd, Keizers, Stobben & Hengforderwaarden ks34f9_dhy	
Inrichtingsplan	-0.101
Maximale waterstandsverlaging	

Tabel 2. Berekend maximale waterstandsverlaging inrichtingsplan effect in meters

3.4.3. MHW stand in de uiterwaard

In de volgende figuur is het effect van de maatregel op de waterstanden in het gebied afgebeeld.

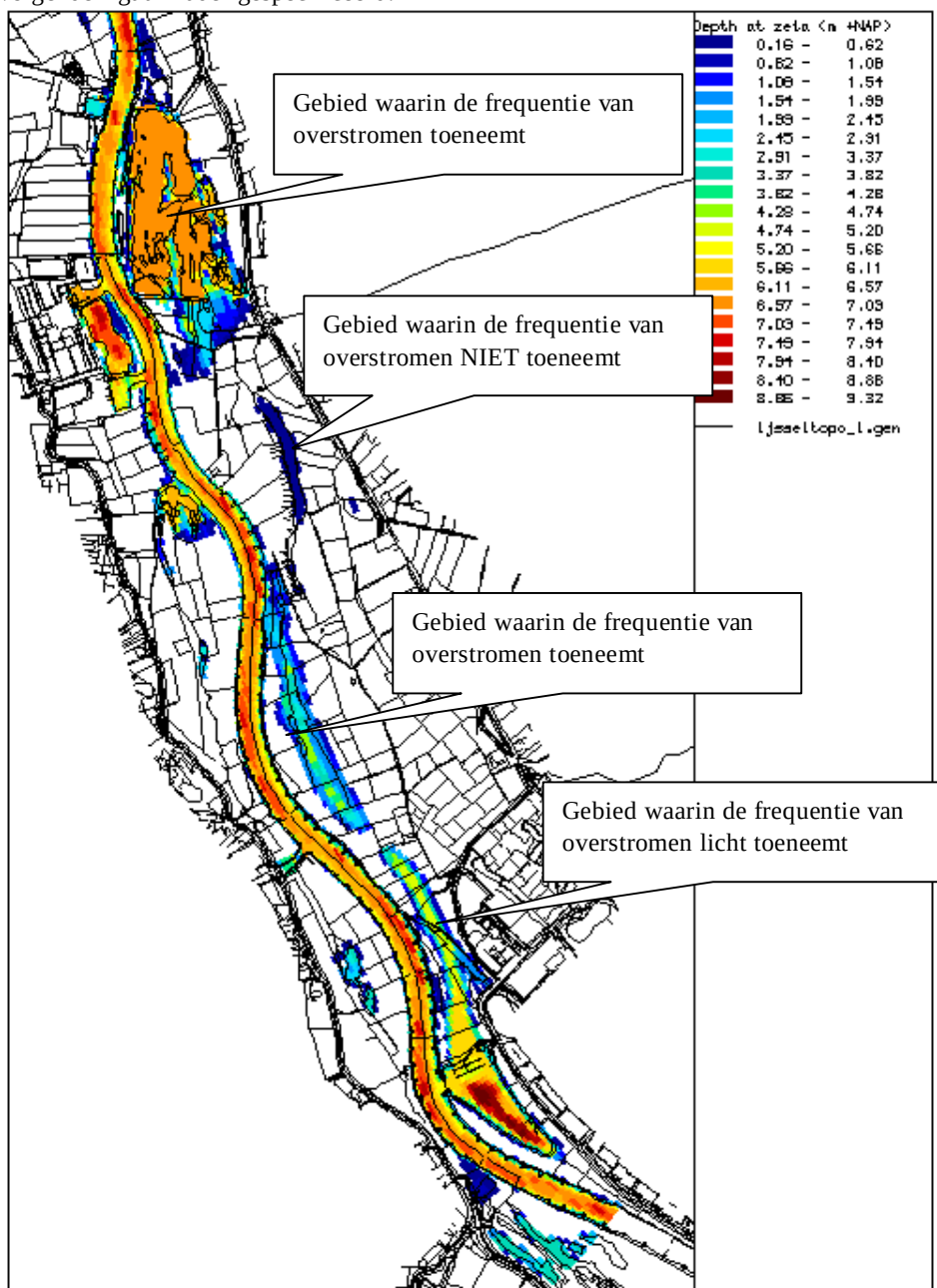


Figuur 8. Effect op waterstanden als gevolg van de maatregel ruimtelijk.

De voorgaande figuur laat zien dat de waterstanden in het gebied als gevolg van de maatregel dalen. Daarbij is sprake van een geleidelijke afname van de standen van benedenstrooms naar bovenstrooms toe.

3.4.4. Inundatiefrequentie van de uiterwaard

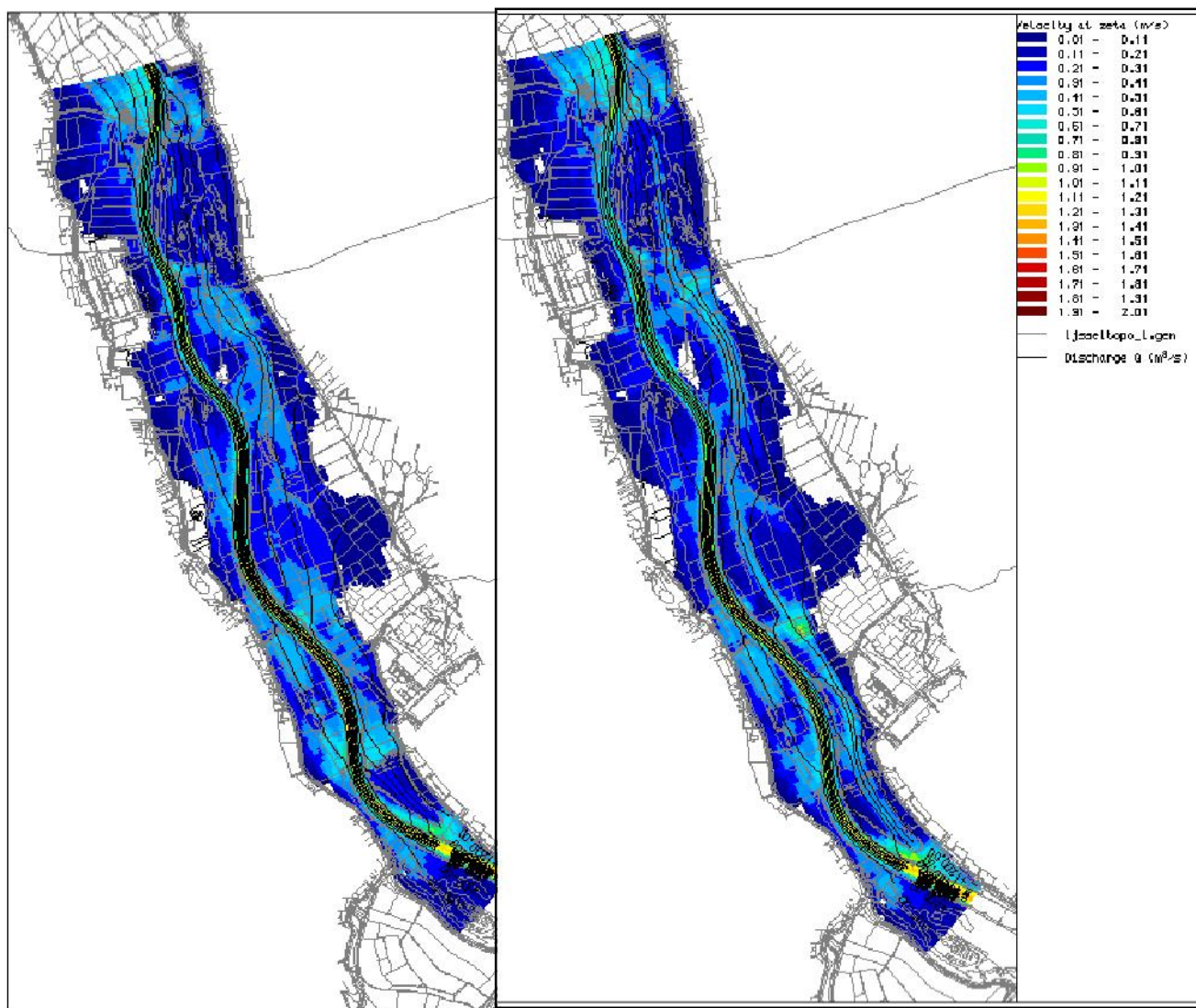
In een groot gedeelte van het gebied worden bestaande inundatiewerende kades gehandhaafd. Alleen benedenstrooms en in het gebied van de Stobbenweerd worden inundatiewerende kades verwijderd. In die gebieden neemt de frequentie van inundatie toe. Die gebieden zijn in de volgende figuur nader gespecificeerd.



Figuur 9. Inundatiefrequenties uiterwaard

3.4.5. Stroombeeld in de uiterwaard

In de volgende twee figuren zijn het stroombeeld voor en na de maatregel naast elkaar gezet. Hiervoor is het stroombeeld gebruikt zoals dit ontstaat bij 8000 m³/s op de Bovenrijn. Het geeft een goed beeld van de veranderingen die bij een wat hoger hoogwater zullen optreden.



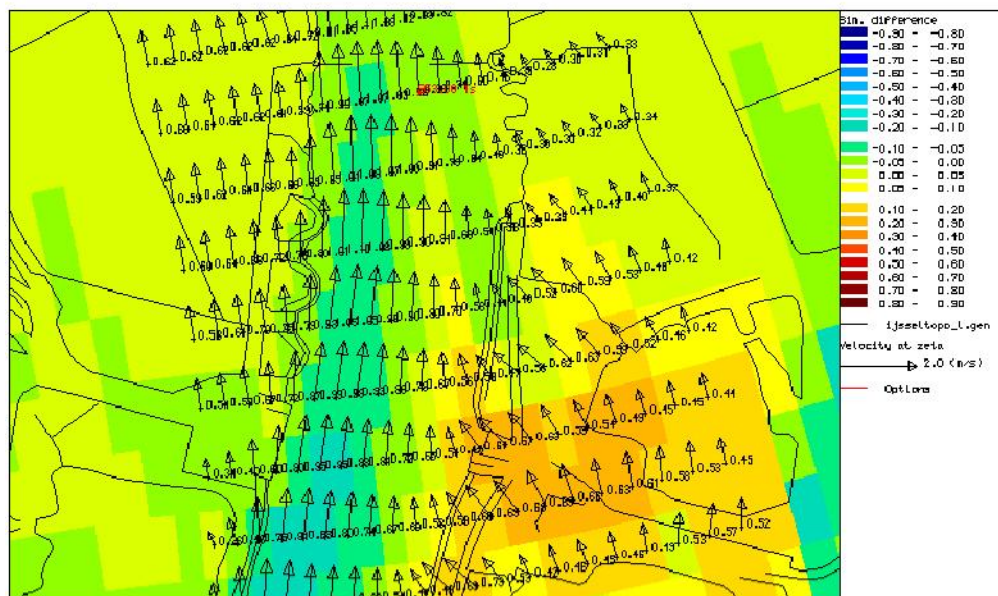
Figuur 10a en 10b. Links referentie rechts na uitvoering ingreep bij 8000 m³/s op de Bovenrijn

Het algemene beeld is dat het bij de Zandweerd ingenomen water in de huidige situatie voor de Stobbenweerd terug wordt gedwongen naar het zomerbed. Door de maatregelen wordt dit veranderd en wordt het water na afname via de uiterwaarden naar respectievelijk de Munnikenhank en de de Hengforderwaarden geleid.

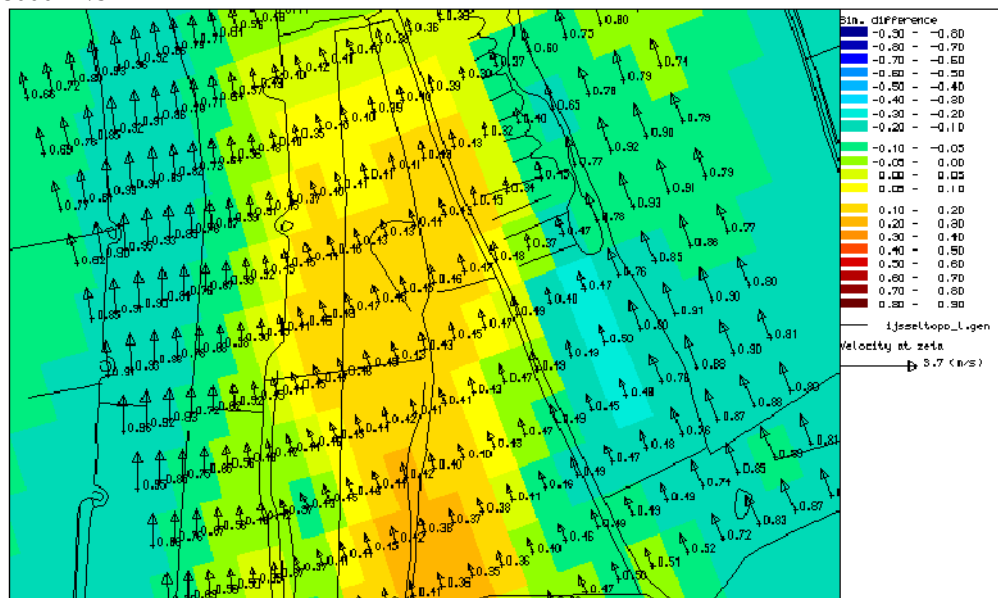
3.4.6. Stroombeeld bij aantakking van nevengeulen

In de Keizers en Stobbenwaarden takken geulen op drie plaatsen aan. Te weten ter hoogte van de Zandweerd (rkm 947,500, gelijk aan de huidige situatie), bij de Stobbenhank (rkm 950) en in de Hengforderwaarden (952,500).

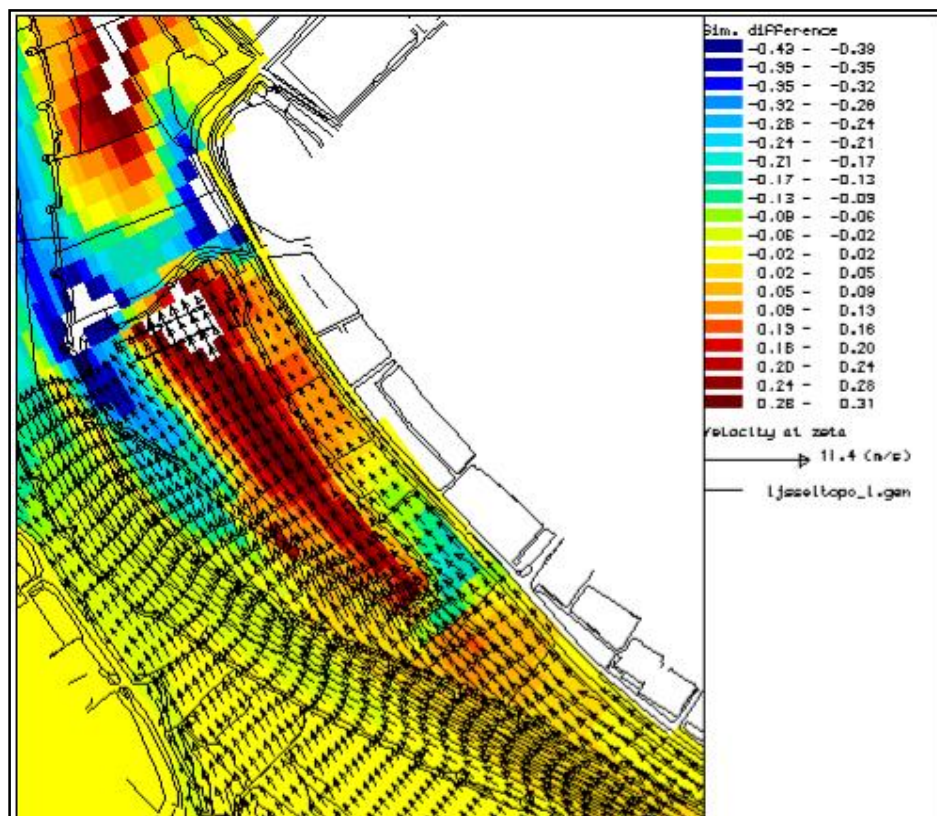
In de volgende figuren volgen van die locaties stroombeelden van de meest kritische situaties. Hierin zijn de veranderingen in de snelheidsgrootte in kleur afgebeeld met de berekende stroomvector voor de plansituatie daar overheen met de grootte van de snelheid erbij.



Figuur 11. Terugstroming bij het Defensiewerk Hengforderwaarden rkm 952,700, Q Bovenrijn 8000 m³/s



Figuur 12. Stroming bij de monding van de Stobbenhank rkm 950 Q Bovenrijn 10.000 m³/s,



Figuur 13. Stroming bij het innamepunt Zandweerd bij maatgevende afvoer van 16.000 m³/s op de Bovenrijn en een wetmatige verdeling.

Van de stroombeelden bij alle onderzochte afvoeren (4000, 6000, 8000, 10000, 16000 m³/s Bovenrijn) is de situatie bij het defensiewerk bij 8000 m³/s het meest kritisch. Hier nadert de dwarsstroom een waarde van 15 m³/s. Deze dwarsstroom vindt plaats niet bij een uitlaat maar over het defensiewerk heen. Om te voorkomen dat deze dwarsstroming groter wordt moet worden voorkomen dat in de uiterwaard benedenstrooms langs het defensiewerk de weerstand toeneemt.

3.4.7. Aanzanding en erosie van de uiterwaard

Met de wijze waarop de maatregelen de stroming veranderen veranderd ook de sedimenthuishouding. Het gebied kan -in navolging van de effecten op inundatiefrequenties- worden opgedeeld in 4 gebieden. Deze zijn: de Zandweerd, de Ossenwaard, de Munnikenhank en omgeving en de Hengforderwaarden.

De Zandweerd.

In en om de Zandweerd veranderd de inundatiefrequentie niet. De slibhuishouding zal hierdoor niet veranderen. Wat wel veranderd is dat bij grotere afvoeren ($Q_{\text{Bovenrijn}} > \text{ca } 6000 \text{ m}^3/\text{s}$) de sedimentaanvoer naar de uiterwaard kan toenemen. Hierdoor zal de aanzanding bij de inlaatdrempel toenemen. Het gaat hier bij om aanzandingen van enkele centimeters per jaar die zich op en net achter de drempel voordoen.

In de Zandweerdplas verder van de inlaatdrempel zal de sedimentatie verder verder niet veranderen.

Stobbenweerd

De inundatiefrequentie van de Stobbenweerd neemt toe als gevolg van de maatregel. Hierdoor zal de uiterwaard meer gaan aanslibben. Met name natte ruigten en begroeide oevers kunnen aanslibben met een of enkele centimeters per jaar. In de rest van het gebied is de toename beperkt. Bij de aantakking kan zand worden afgezet op de bovenstroomse overgang van oeverwal met de (onderwater) drempel.

Het diepere deel van de hank wordt bij hoogwater doorspoelen. Bij gebrek aan consolidatie van het sediment, en gebrek aan aanvoer van sediment zal de bodem van de hank zeer lang op diepte blijven.

Munnikenhank

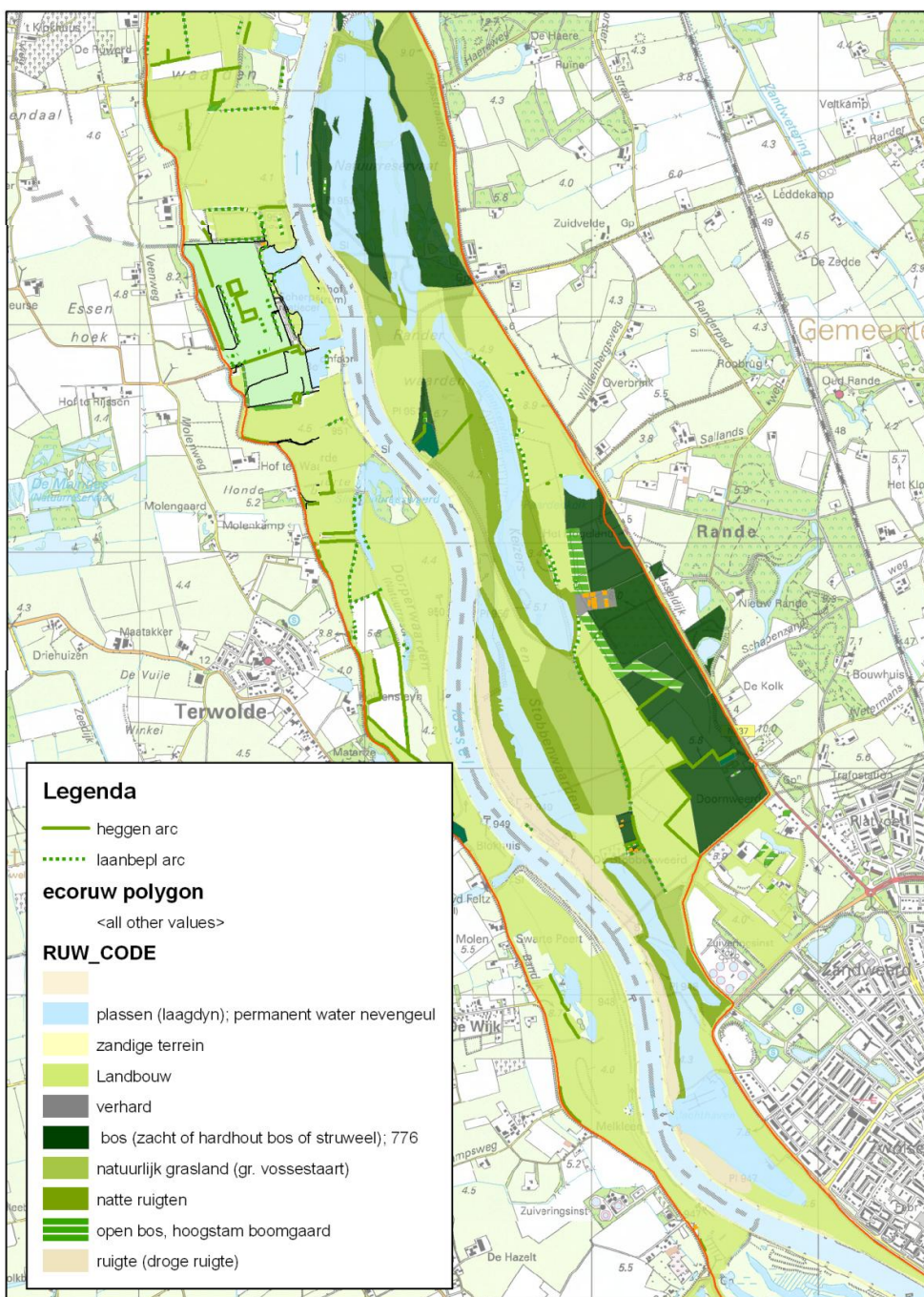
De inundatiefrequentie en de sedimenthuishouding van de Munnikenhank veranderen niet. Wel kunnen er in reactie op het menselijk ingrijpen op kleine schaal sedimentverplaatsingen gaan plaatsvinden.

Hengforderwaarden

In de hengforderwaarden neemt de stroming iets toe. Door de frequentere doorstroming zal naar de drempel meer sediment worden aangevoerd (fijn zand). Het gaat hierbij om een kleine hoeveelheden ($\text{mm}'\text{s}$). Door de frequentere doorstroming zal naar de Hengforder waarden iets meer slib worden aangevoerd. Ook hierbij gaat het om zeer kleine hoeveelheden (enkele $\text{mm}'\text{s}$ per jaar).

3.4.8. Prioritaire gebieden (ks34f9_dhy-p)

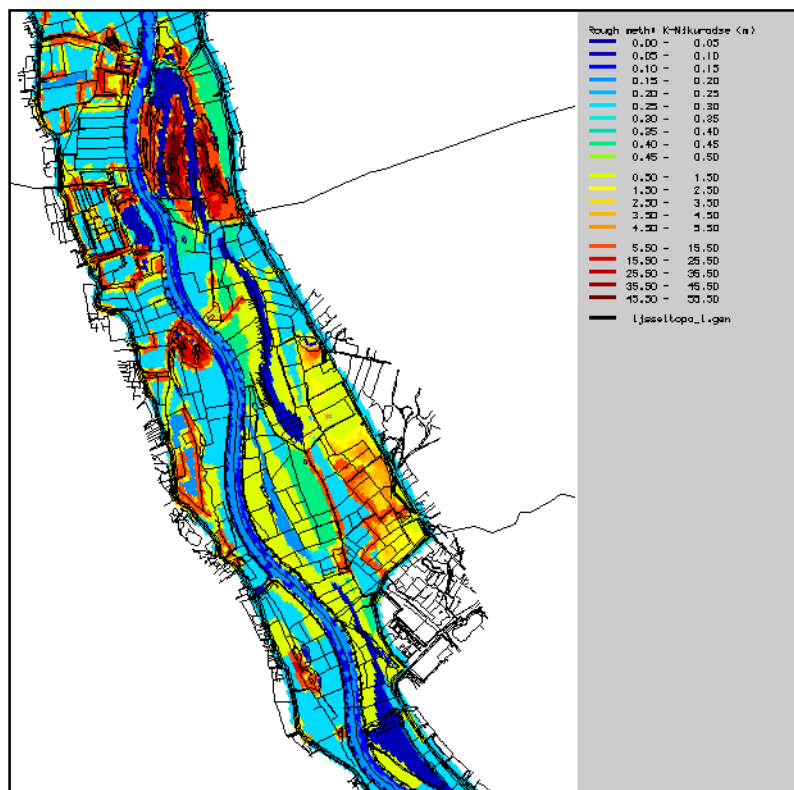
In de volgende figuur is een vegetatiebeeld afgebeeld van een situatie waarbij de vegetatie in de prioritaire gebieden is ontwikkeld.



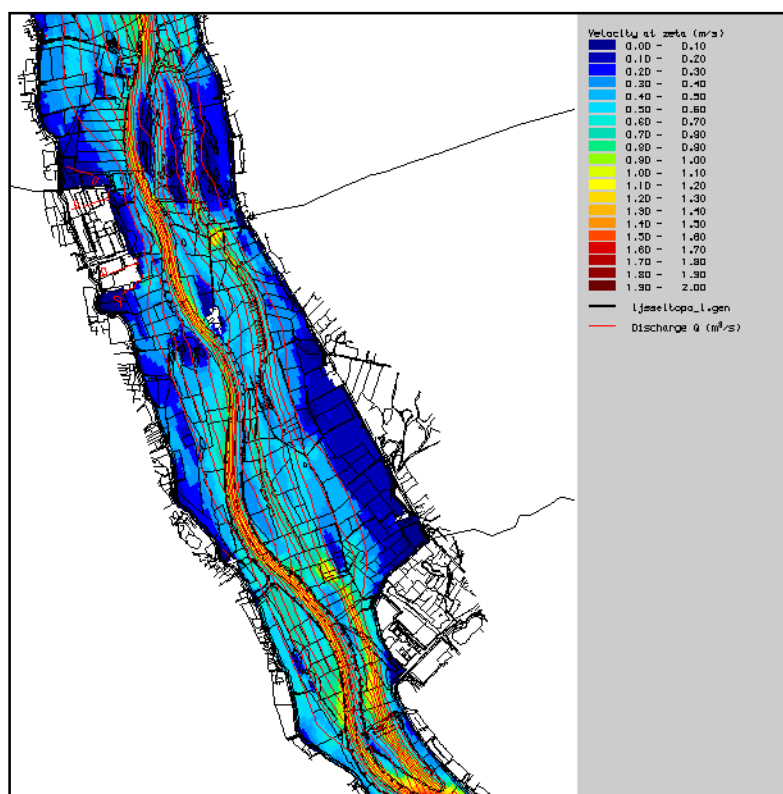
Figuur 14. Landgebruik na ontwikkeling prioritaire gebieden

Ten opzichte van het inrichtingsplan zijn drie belangrijke wijzigingen doorgevoerd:

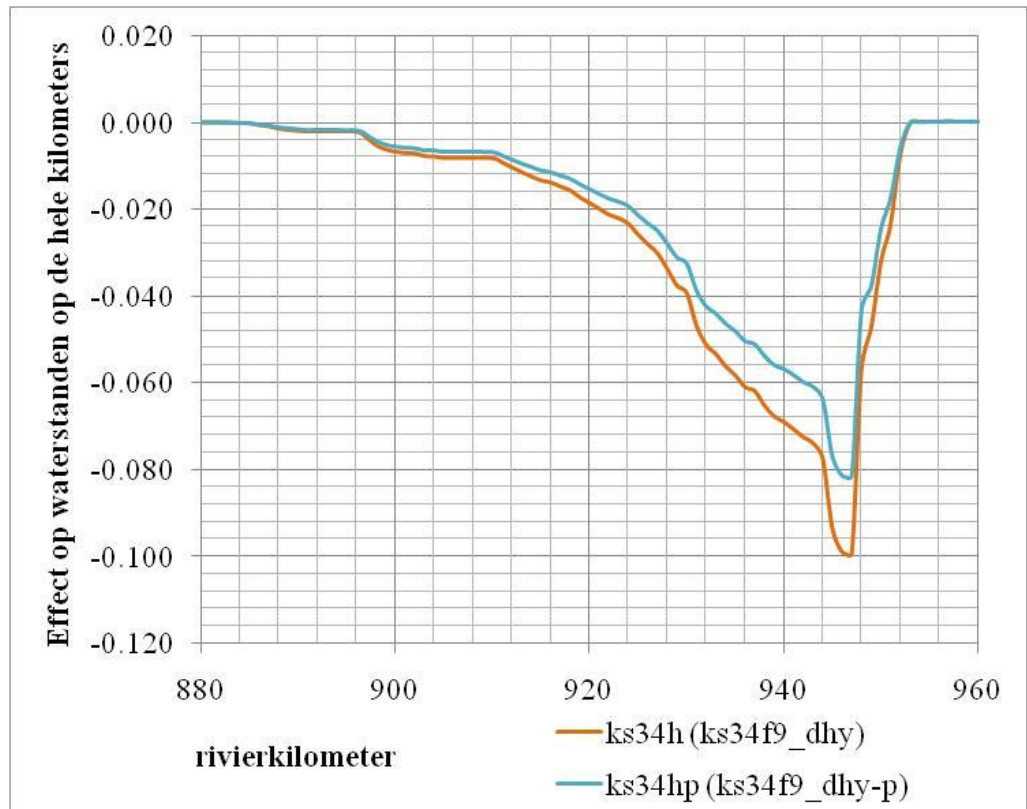
- Natte ruigten in Munnikkenhank is verbreed,
- Ruigten op oeverwallen zijn uitgebreid,
- Bossen in de Hengforderwaarden en op de hoge gronden zijn uitgebreid.



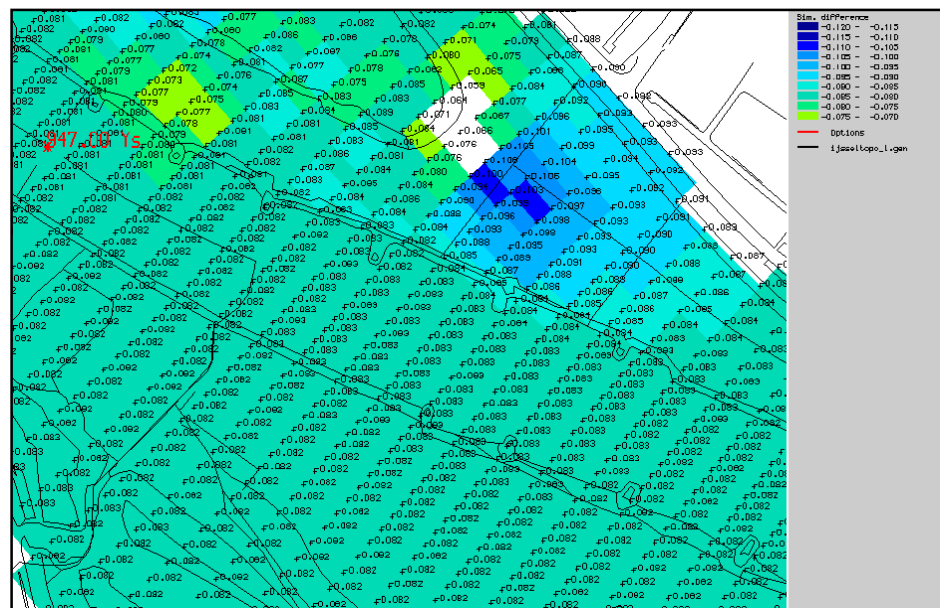
Figuur 15. Ruwheden prioritaire gebieden KSO



Figuur 16. Stroombeeld prioritaire gebieden BWO ($dQ=150 \text{ m}^3/\text{s}$)



Figuur 17. Effecten op hele kilometers



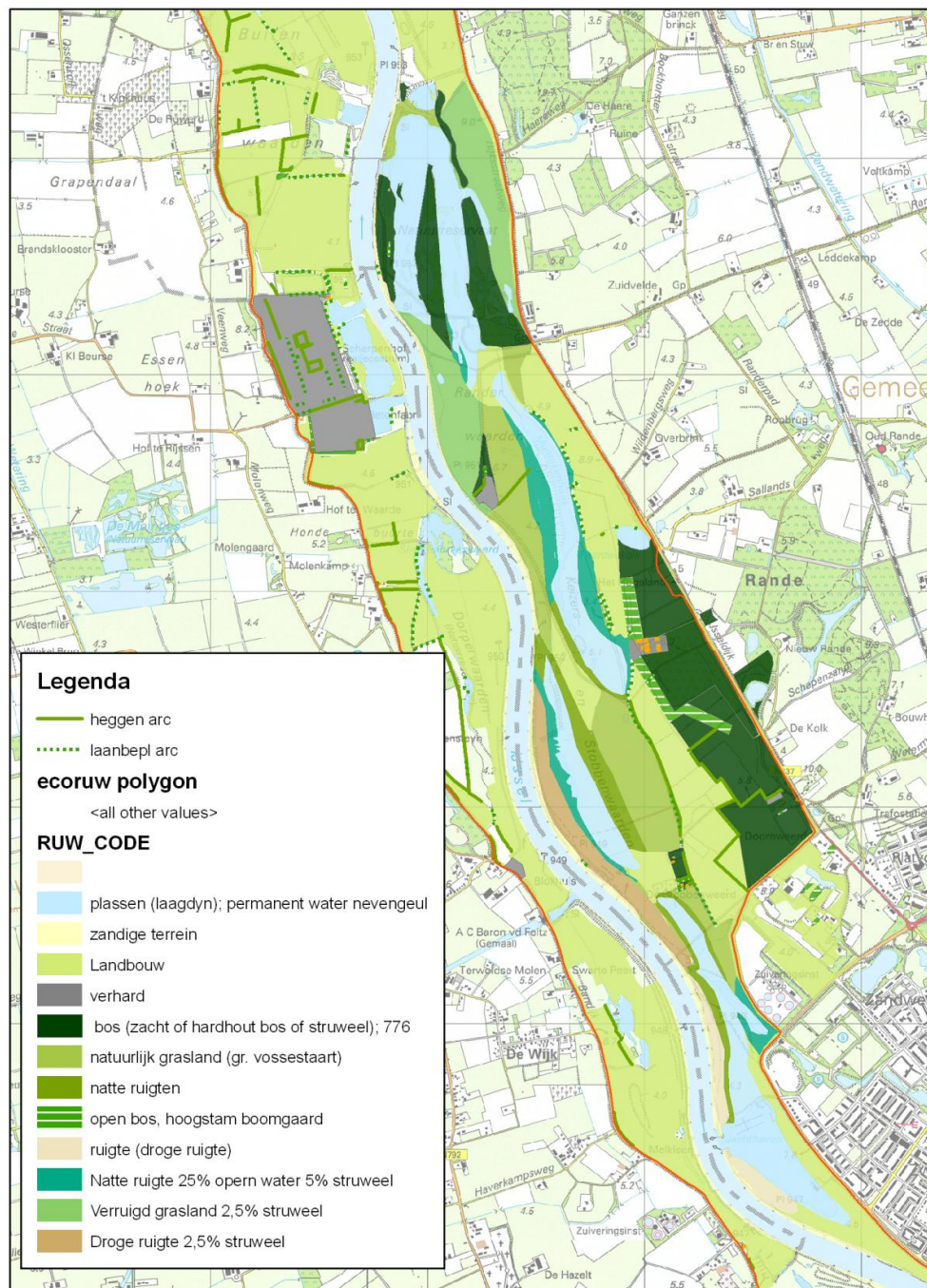
Figuur 18. Detail maximaal effecten ks34f9_dhy-p

	Maximale waterstandsaling bij het taakstellingspunt (946,5 -947,5) KSO Zandweerd, Keizers, Stobben & Hengforderwaarden ks34f9_dhy-p
Prioritaire gebieden Maximale waterstandsaling	-0.083

Tabel 2. Berekend maximale waterstandsaling inrichtingsplan effect in meters

3.4.9. X gebieden (ks34f9_dhy-x)

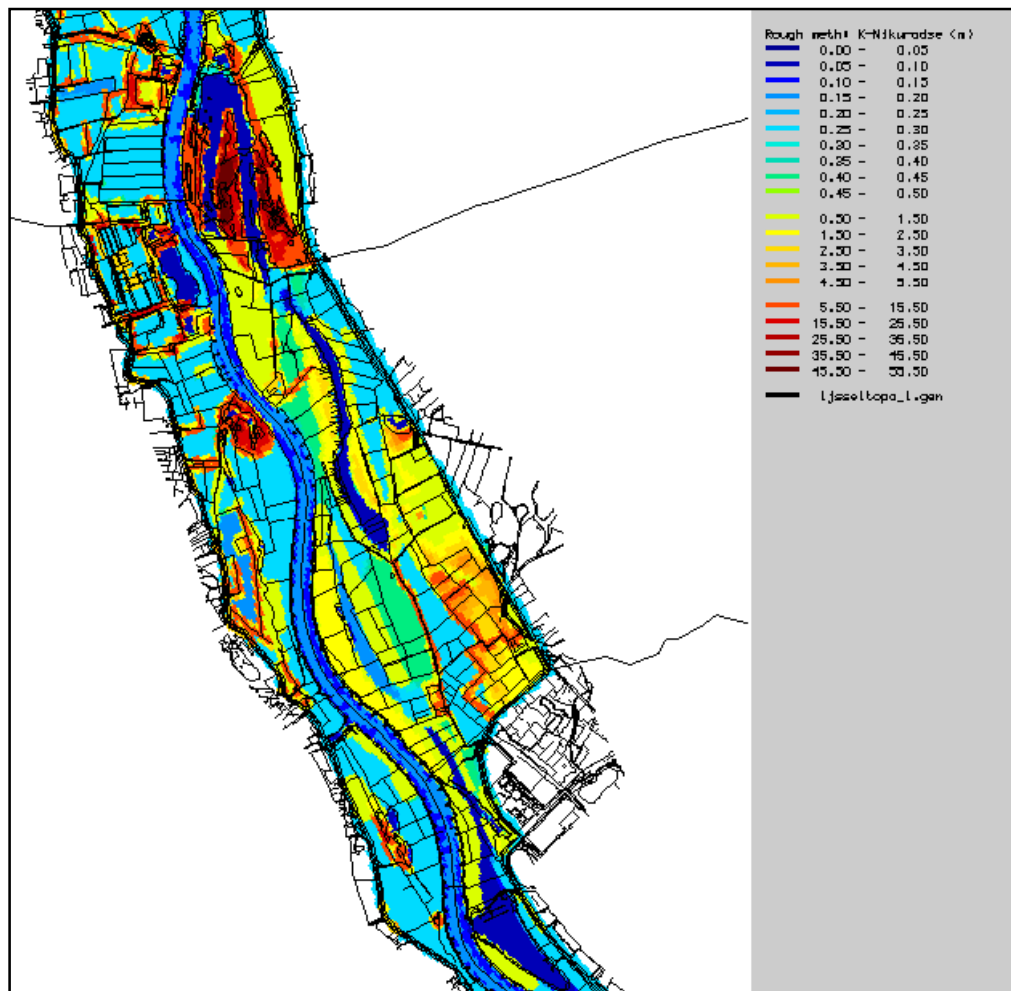
In de volgende figuur is een vegetatiebeeld afgebeeld van een situatie waarbij de vegetatie in de prioritaire gebieden en gebieden x is ontwikkeld.



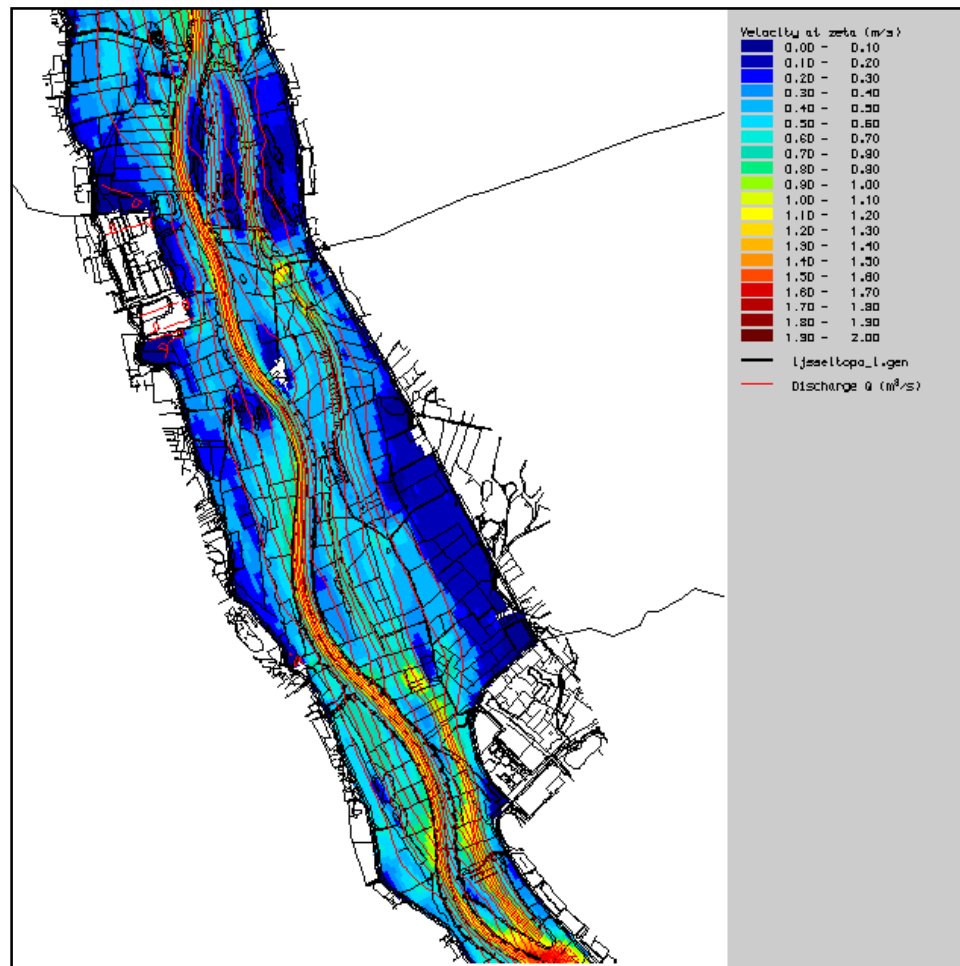
Figuur 19. Landgebruik na ontwikkeling prioritaire gebieden en gebieden x.

Ten opzichte van de prioritaire gebieden zijn toegevoegd:

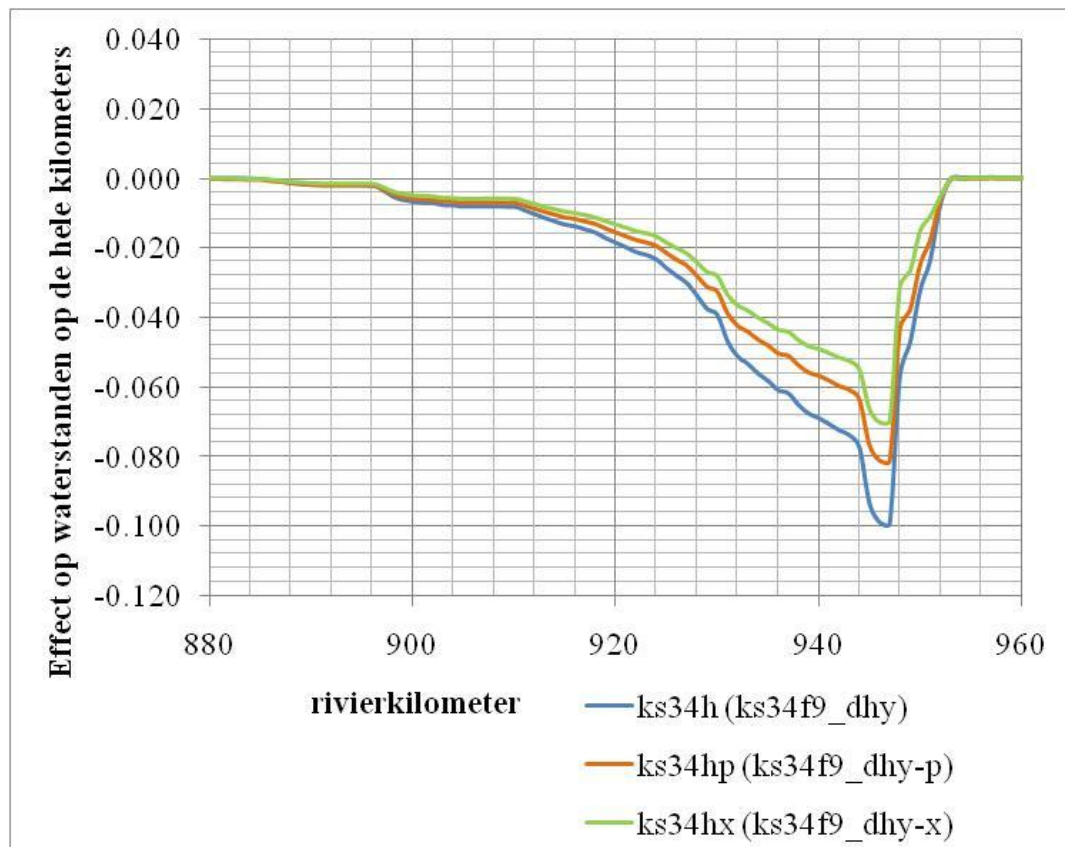
- Natuurlijk grasland met 2,5% zachthoutstruweel in de Hengforderwaarden, op de oeverwal bij Brouwer ruwheidscode 810,
- Droge ruigte 2,5% zachthoutstruweel op de oeverwal bij de Stobbenhank,
- Natte ruigte met 25% water en 5% zachthoutstruweel van natte ruigten bij Hengforderwaarden, Munnikenhank, Stobbenhank en Ijsbaan.



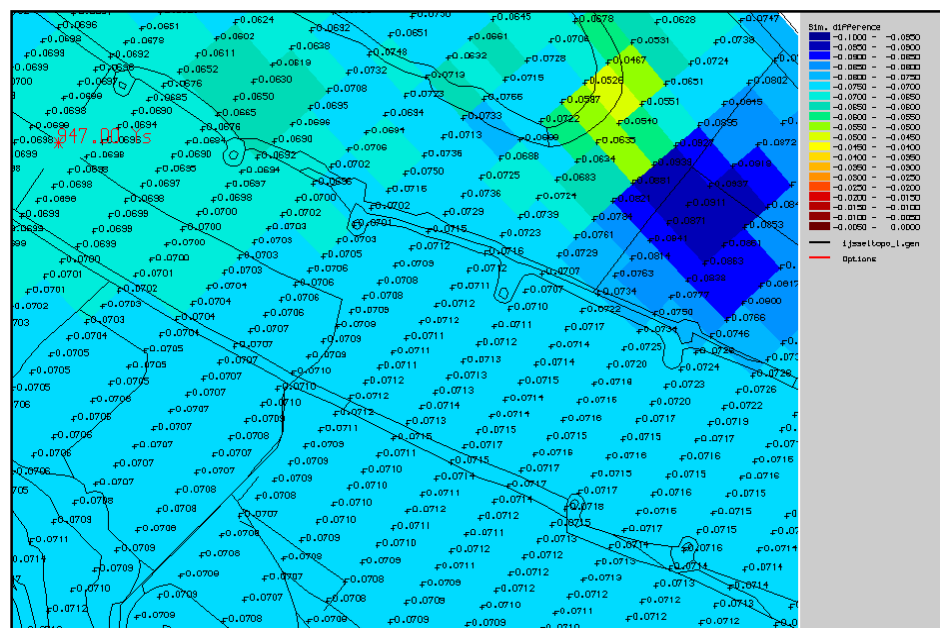
Figuur 20. Ruwheden variant x



Figuur 21. Stroombeeld variant x



Figuur 22. Effecten op hele kilometers



Figuur 23. Maximaal effect ks34hx

	Maximale waterstandsaling bij het taakstellingspunt (946,5 -947,5) KSO Zandweerd, Keizers, Stobben & Hengforderwaarden ks34f9_dhy-p
Prioritaire en X gebieden Maximale waterstandsaling	-0.072

Tabel 3. Berekend maximale waterstandsaling inrichtingsplan effect in meters

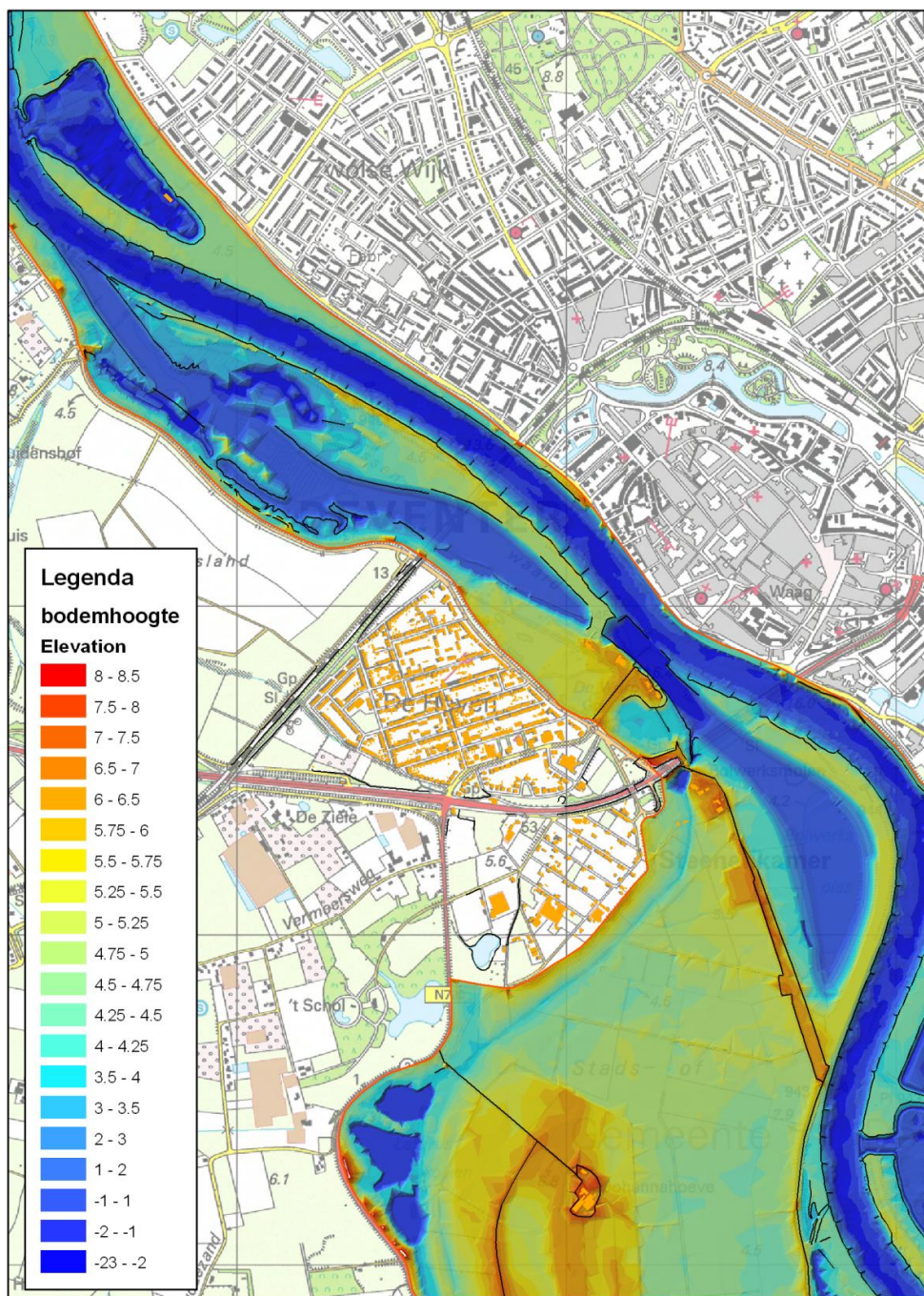
3.4.10. Conclusie

Geconcludeerd wordt dat zowel het inrichtingsplan als de prioritaire gebieden voldoen aan een taakstelling van 8 centimeter. De interpretatie “Gebieden_X” kan niet worden ingepast binnen de taakstelling van 8 centimeter.

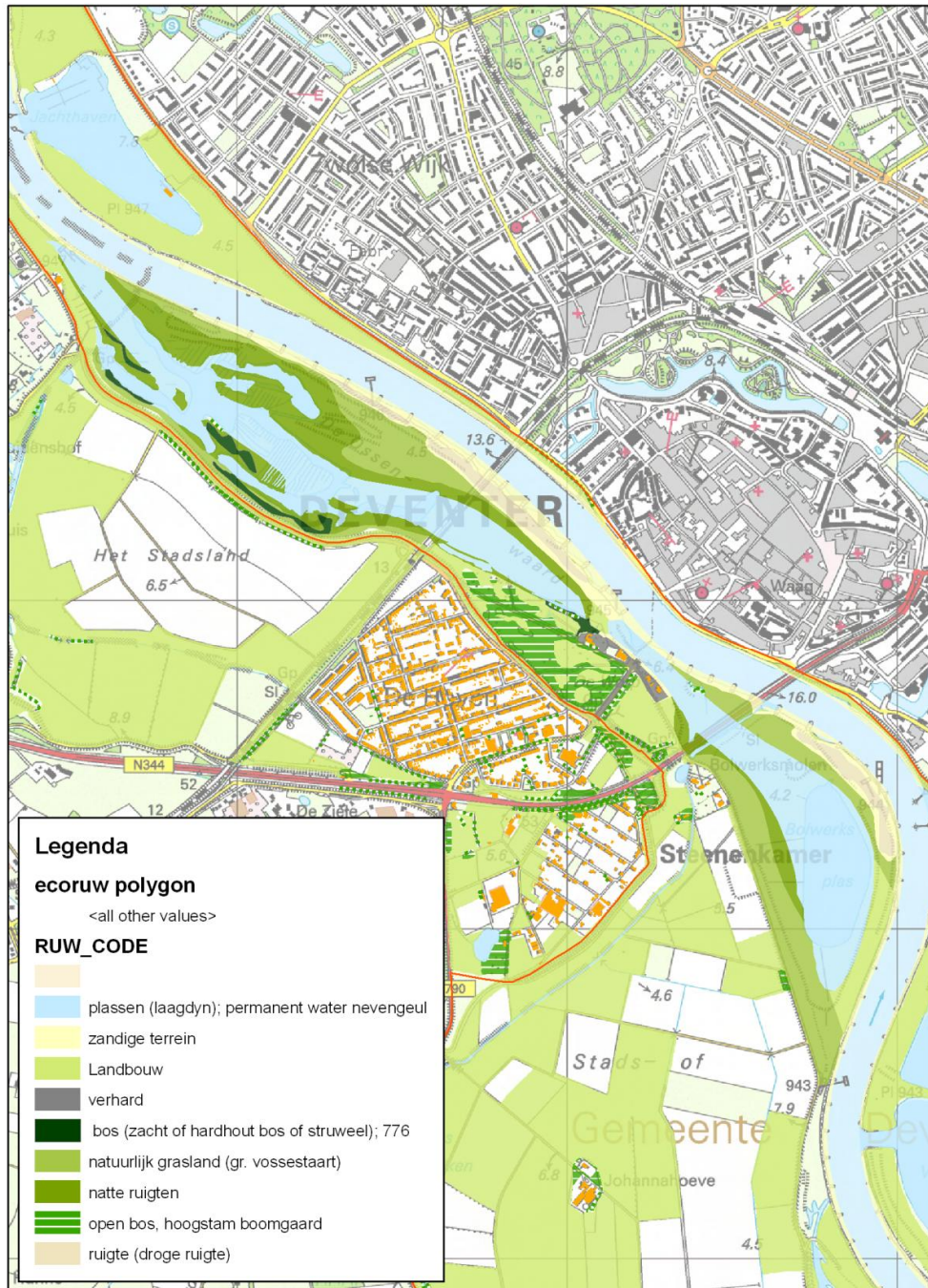
3.5 BWO

3.5.1. Inrichtingsplan

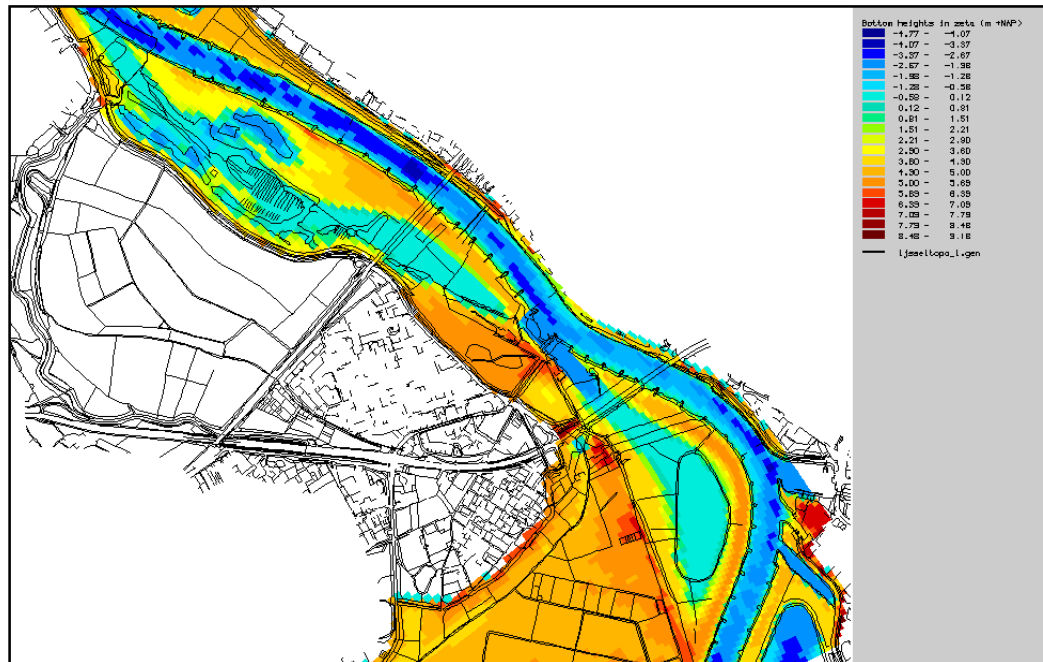
Voor een beschrijving van het inrichtingsplan wordt verwezen naar het z.g. "liggende boekje" zoals dit op internet beschikbaar is (8 april 2009, inrichtingsplanrvdrdeventerlowres.pdf). Dit ontwerp is vertaald in een digitaal terreinhoogtemodel en een beschrijving van de vegetatie. Deze beschrijvingen zijn afgebeeld in de volgende 2 figuren.



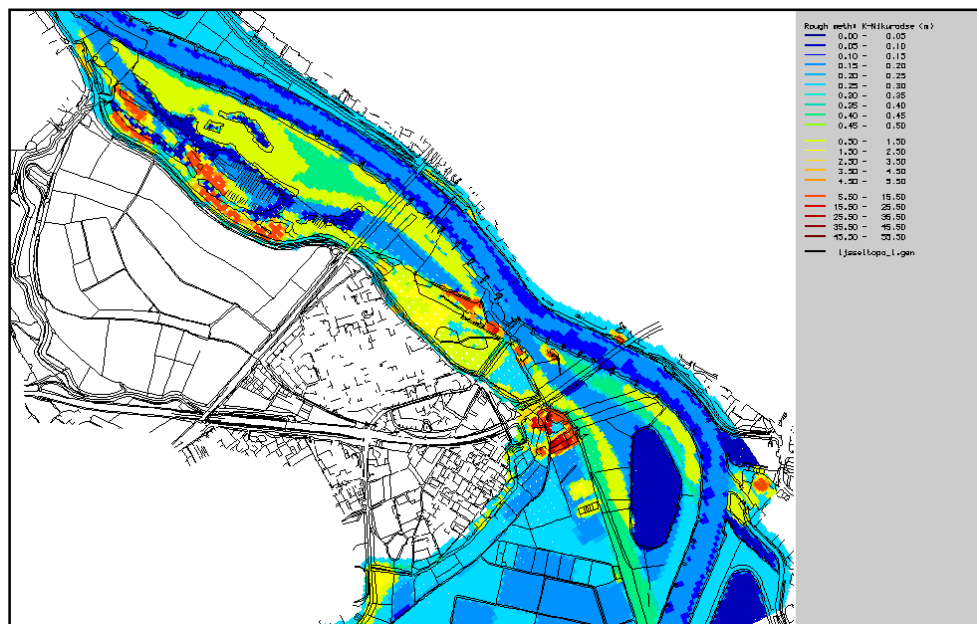
Figuur 24. Terreinhoogtemodel BWO (zwarte lijnen zijn overlaten)



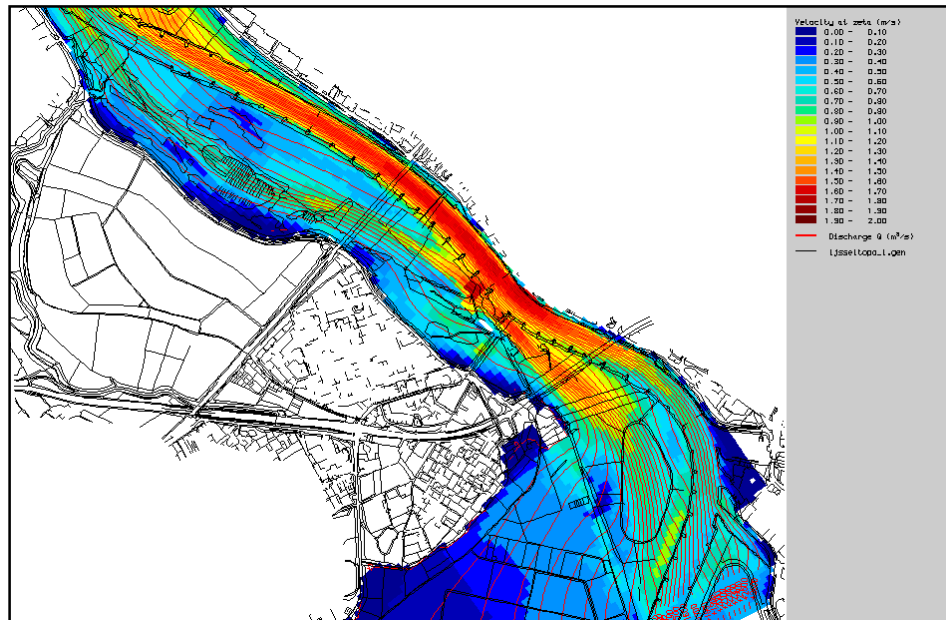
Figuur 25. Landgebruik inrichtingsplan BWO



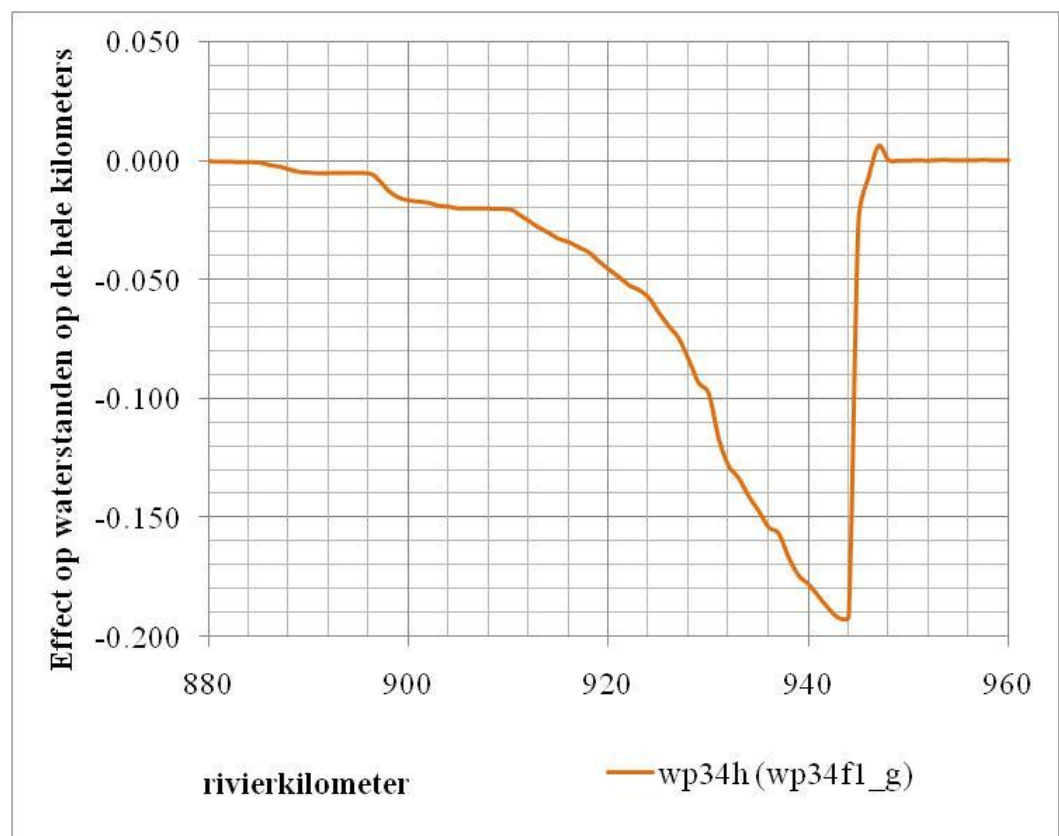
Figuur 26. Terreinhoogte in WAQUA BWO



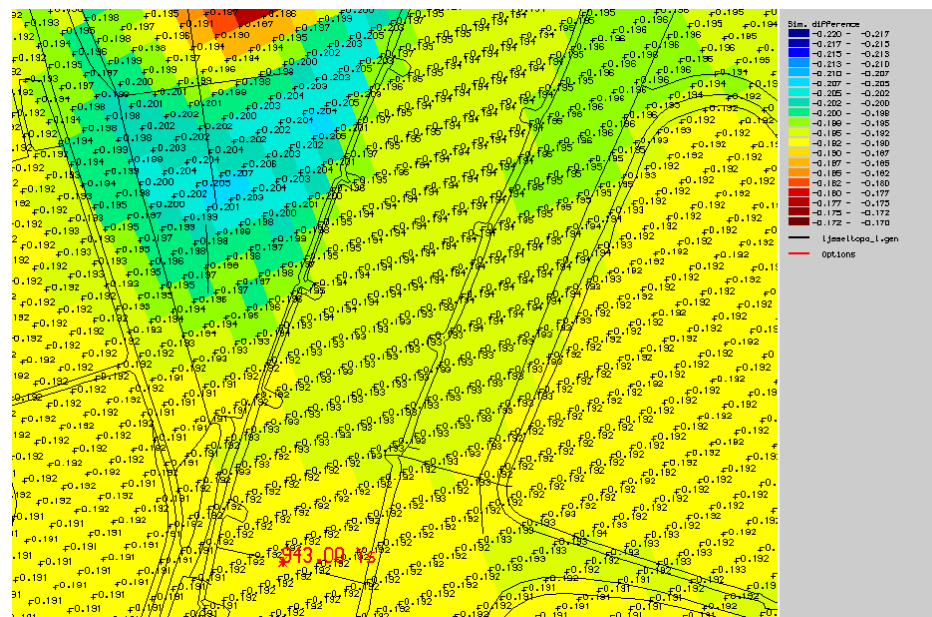
Figuur 27. Ruwheidshoogte in Nikuradse k waarden BWO



Figuur 28. Stroombeeld BWO inrichtingsplan



Figuur 29. Effect inrichtingsplan BWO op waterstanden in de as hele kilometers.



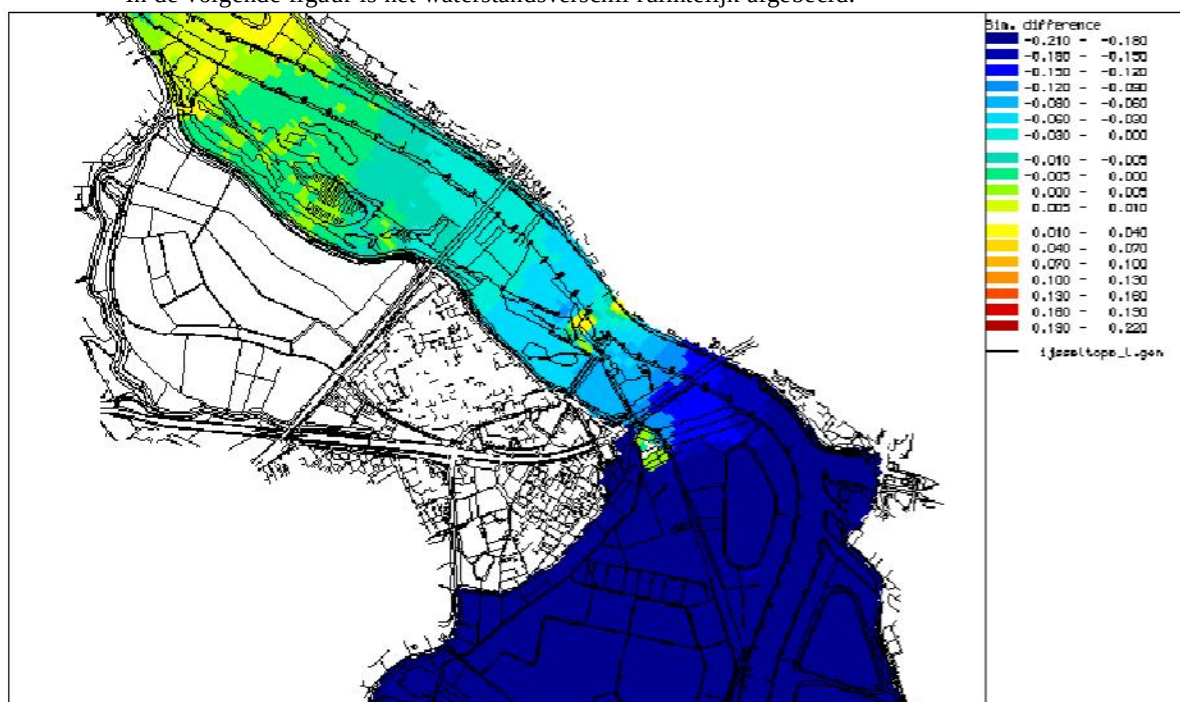
Figuur 22. Effect inrichtingsplan BWO op waterstanden detail taakstellingspunt.

Maximale waterstandsdeling bij het taakstellingspunt (942,5 -943,5) BWO Bolwerksplas, de Worp en Ossenwaard wp34f1_g	
Inrichtingsplan Bolwerksplas, de Worp en Ossenwaard	-0.194

Tabel 4. Berekend maximale waterstandsdeling inrichtingsplan effect in meters

3.5.2. MHW waterstand in de uiterwaard

In de volgende figuur is het waterstandsverschil ruimtelijk afgebeeld.

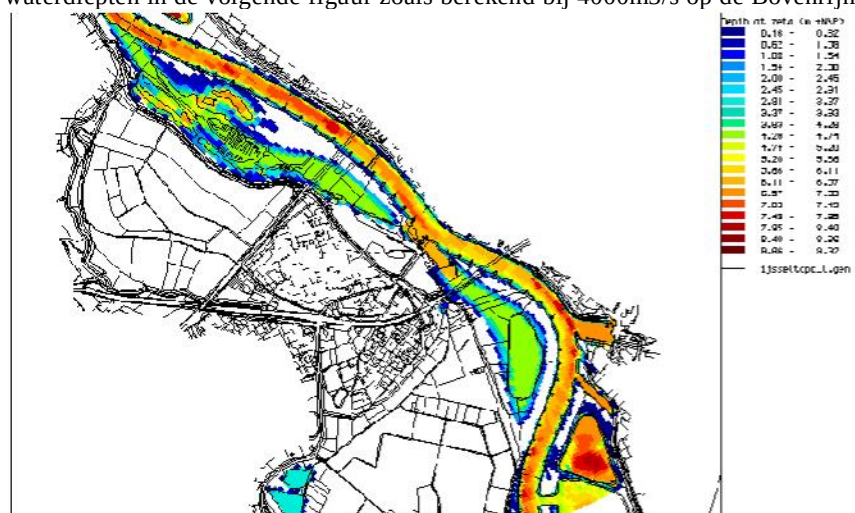


Figuur 31. Effect op waterstanden bij 16.000 m³/s op de Bovenrijn maatregel BWO

De maatregel in de Bolwerksplas Worp en Ossenwaard verlaagd in een groot deel van het plangebied de waterstanden. Benedenstrooms van de Ossenwaard nemen de waterstanden toe. Ook bij de Worp nemen lokaal de waterstanden toe. Benedenstroomse maatregelen in het kader van de PKB waaronder de eerder besproken maatregelen in de Keizers en Stobbenwaarden voorkomen dat de waterstanden benedenstrooms toenemen.

3.5.3. Inundatiefrequentie van de uiterwaard

In een groot gedeelte van het gebied staat in de toekomst vaak water. Dit is zichtbaar in aan de waterdiepten in de volgende figuur zoals berekend bij 4000m³/s op de Bovenrijn.

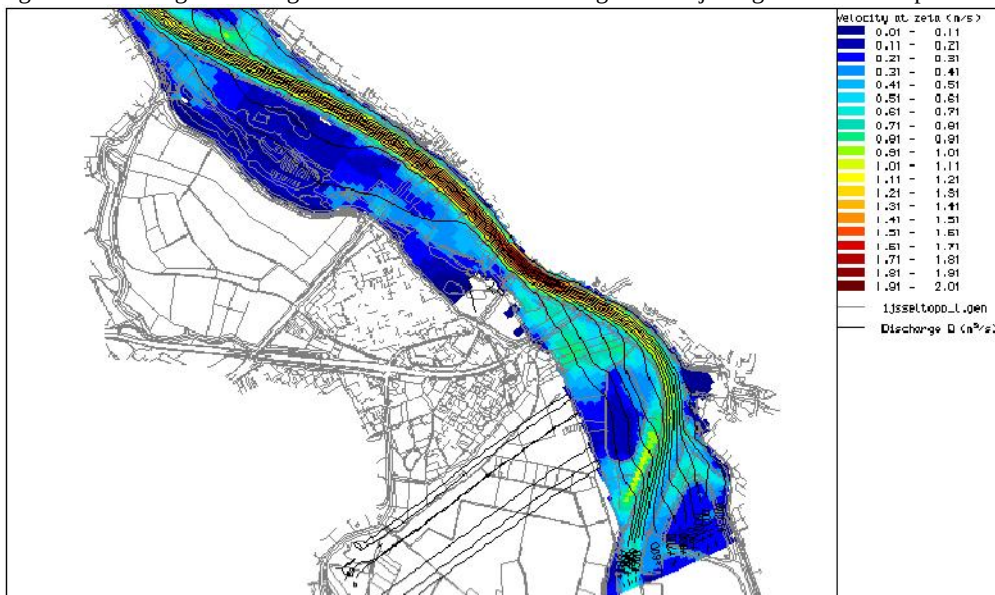


Figuur 32. Waterdiepten Ossenwaard, Worp en Bolwerksplas bij 4000 m³/s op de Bovenrijn

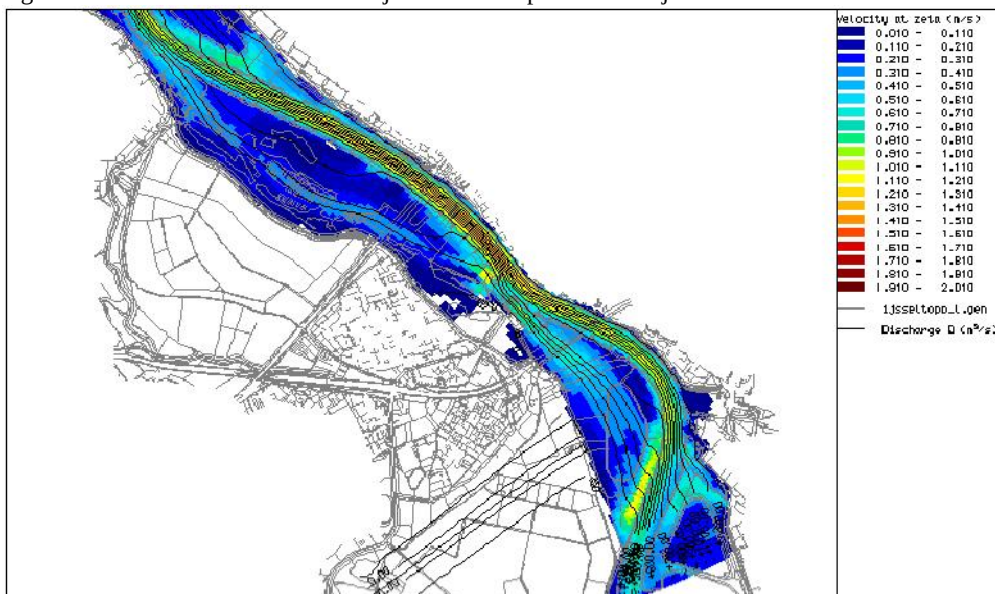
Met name het gebied rond de Bolwerksplas en de Melksterweide zullen vaker overstromen als gevolg van de ingrepen. Dit is met name het gevolg van de ingrepen benedenstrooms van de Wilhelminabrug. De inundatiefrequentie van het Park en de omgeving daarvan zal niet toenemen. Als gevolg van de benedenstroomse maatregelen zal de inundatiefrequentie van het Park en de omgeving daarvan afnemen.

3.5.4. Stroombeeld in de uiterwaard

In de volgende twee figuren is het stroombeeld in het uiterwaard bij 8000 m³/s op de Bovenrijn afgebeeld. Deze geven een goed beeld van de veranderingen die bij hoogwater zullen optreden.



Figuur 33. Stroombeeld referentie bij 8000 m³/s op de Bovenrijn



Figuur 34. Stroombeeld na ingrepen bij 8000 m³/s op de Bovenrijn

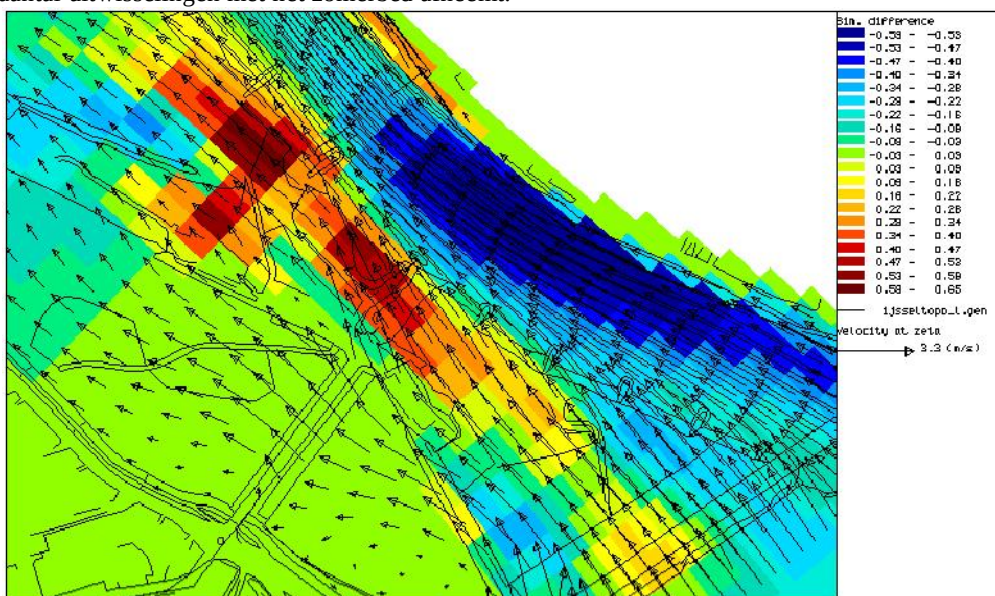
Door de maatregelen wordt het water beter langs het IJsselhotel (rkm 945) geleid naar de Ossenwaard. Dat bij 8000 m³/s nog steeds bij het Hotel water terugstroomd naar de IJssel heeft

te maken met de behoefte (morfologie vaarweg en aantakking) om instroming via de aantakking bij het IJsselhotel tegen te gaan. Om dat te voorkomen is de hoogte van de drempel bij het IJsselhotel gekoppeld aan de hoogte van de inlaatdrempel.

Door de maatregelen nemen de stroomsnelheden op de inlaatdrempel toe. Onder de brug nemen de stroomsnelheden af. Voor het Hotel wordt de afvoer van water sterk verbeterd waardoor ook de Ossenwaard meer gaat meestromen.

3.5.5. Stroombeeld bij de aantakking van nevengeulen

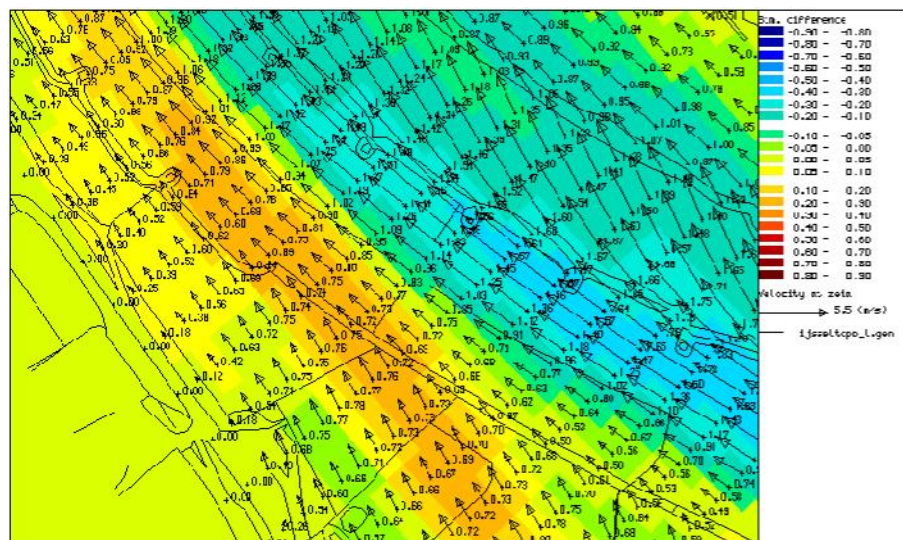
In het plangebied van het de Bolwerksplas, Worp en Ossenwaard is sprake van twee aantakkingen. Van die locaties zijn in de volgende figuren stroomsnelheidsveranderingen en stroomsnelheden afgebeeld. Bij de Worp treden op grote schaal (WAQUA) geen dwarsstromen op zoals de volgende figuur laat zien. Wel worden de dwarsstromen verminderd omdat het aantal uitwisselingen met het zomerbed afneemt.



Figuur 35. Stroombeeld bij het IJsselhotel bij 8000 m³/s op de Bovenrijn.

De kleuren in de volgende figuur laten zien dat de stroomsnelheden in het winterbed toenemen en de stroomsnelheden in het zomerbed afnemen. Dit laatste kan gevolgen hebben voor de vaarweg als geheel en daarom wordt daarnaar apart studie verricht.

In de volgende figuur zijn de stromingen bij de uitlaat te zien.



Figuur 36. Stroombeeld uitlaat Ossenwaard.

De dwarsstromen bij deze uitlaat zijn zeer beperkt.

3.5.6. Aanzanding en erosie van uiterwaard

In het plangebied van de Bolwerksplas, de Worp en Ossenwaard veranderen de inundatiefrequenties vooral in de Ossenwaard, en rond de Bolwerkplas en Melksterweide. Deze zullen een voor een worden besproken.

De Bolwerksplas

De Bolwerksplas zal aan de rivier worden aangetakt. Door de peilfluctuaties van de rivier zal enige dynamiek en verversing van het water optreden. In samenhang daarmee kan enige aanslibbing van de begoeide oevers optreden. Dit gaat waarschijnlijk uiterst langzaam. Bij hoogwater stroomt het gebied net als in de huidige situatie mee. Omdat er echter iets meer water door het uiterwaard zal stromen kan de aanzanding bij de inlaatdrempel iets toenemen. De instroming vindt echter vooral in de buitenbocht plaats. Daardoor zal de aanzanding zeer gering zijn.

De Melksterweide

Onbebouwde laaggelegen gebied benedenstrooms van de Wilhelminabrug en de Melksterweide zullen vaker overstromen. Dit zal mogelijk leiden een uiterst geringe aanslibbing. De hoeveelheden zijn klein omdat veel slib in de hank/geul zal bezinken voordat het de hogere uiterwaard bereikt.

De Worp

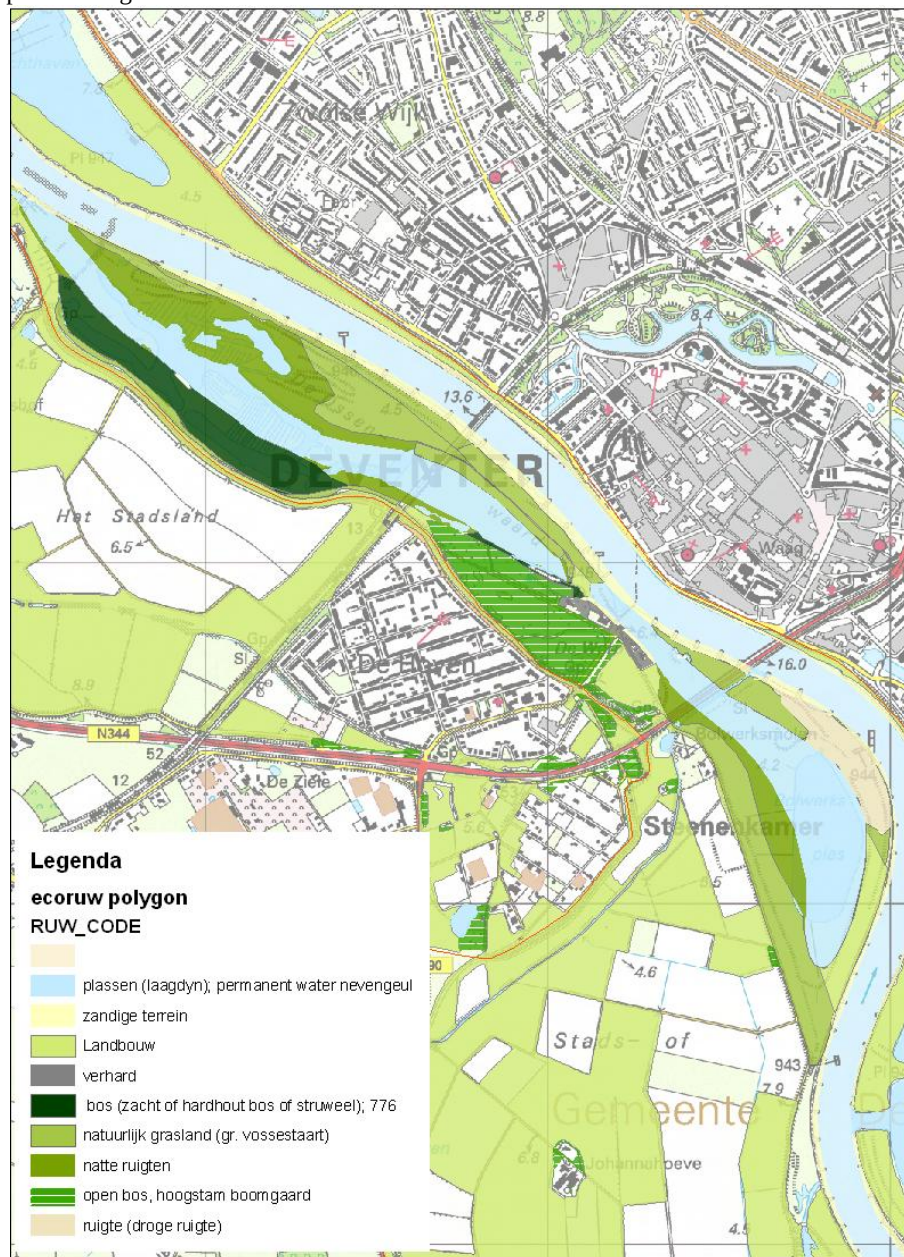
De Hank bij de Worp en voor het IJsselhotel zal aanslibben bij laagwater. In de Was en val van frequent voorkomende hoogwaters (ca 6000 m³/s bij Lobith) zal dit slib worden opgewerveld en worden afgevoerd naar de rivier.

De Ossenwaard

In de Ossenwaard zal meer peilfluctuatie optreden als gevolg van de benedenstroomse aantakking. Hiermee kan enig slib worden aangevoerd dat met name in de geul bij het aantakingspunt zal bezinken. Bij hoogwater vindt overstroming van bovenaf plaats. Aan de oever van de vaarweg en op de kop bij de inlaat kan zand worden afgezet. Het gaat hierbij om hooguit een paar centimeters per jaar.

3.5.7. Prioritaire gebieden BWO (wp34f1_g-p)

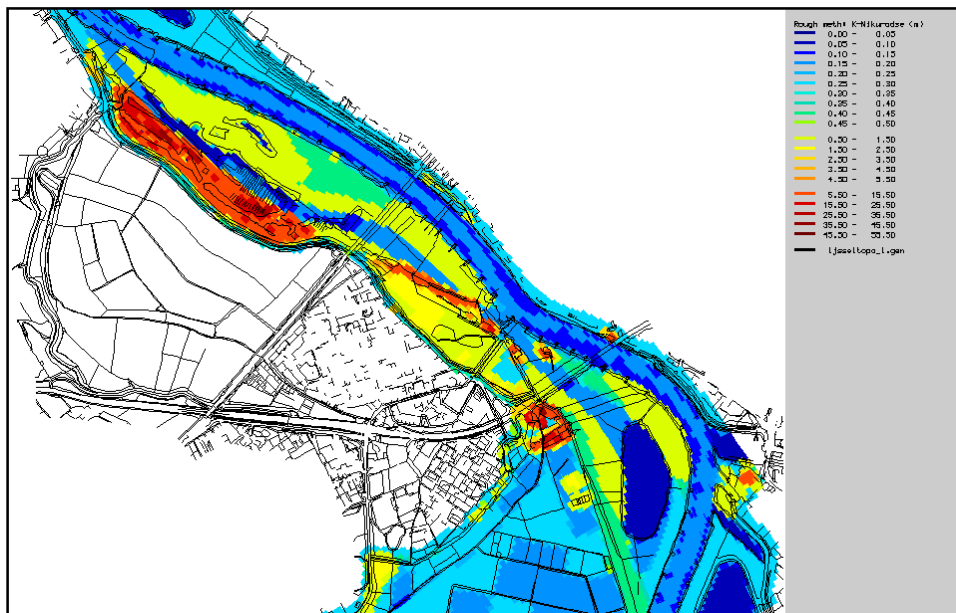
In de volgende figuur is een vegetatiebeeld afgebeeld van een situatie waarbij de vegetatie in de prioritaire gebieden is ontwikkeld.



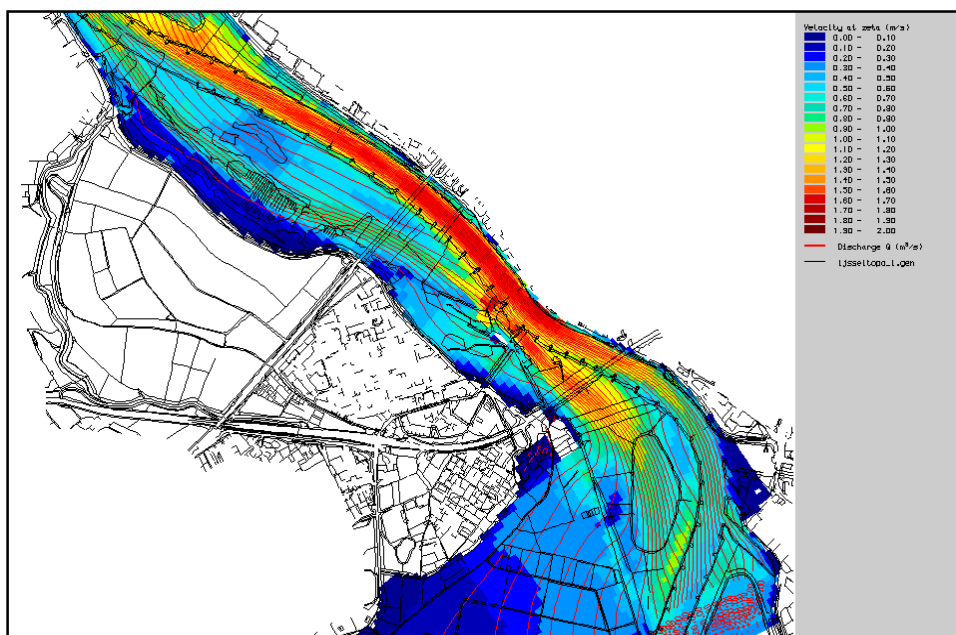
Figuur 37. Landgebruik BWO met prioritaire vegetatie

Ten opzichte van het inrichtingsplan zijn er drie belangrijke veranderingen:

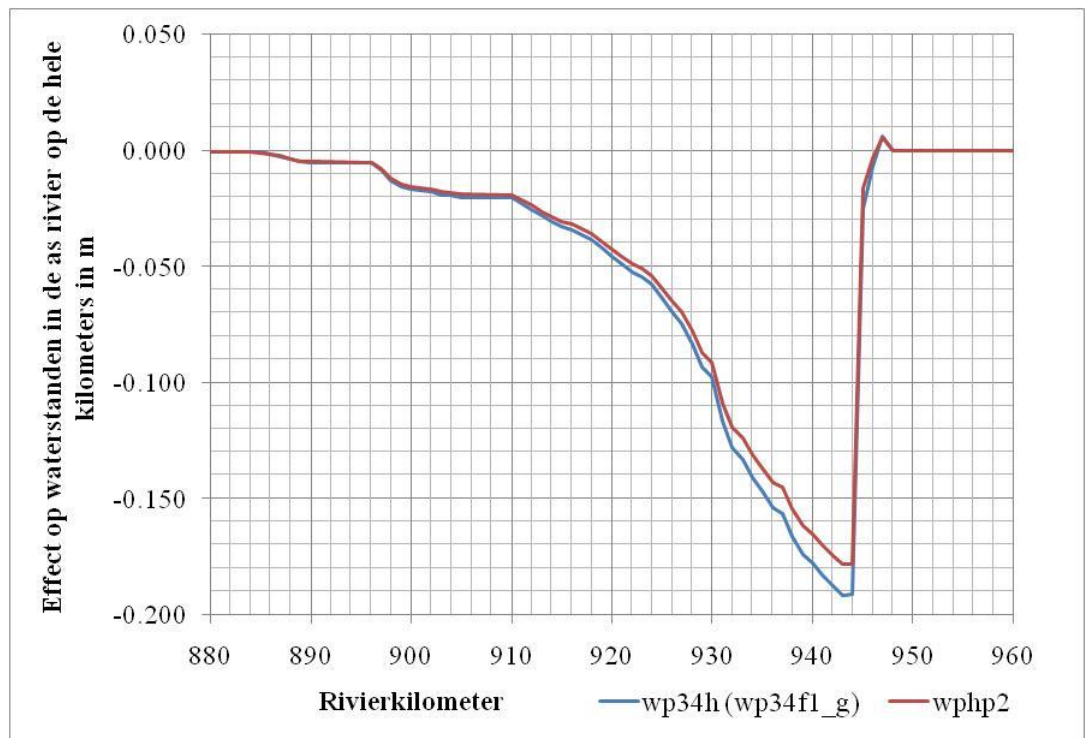
- a. De natte ruigte in de Bolwerksplas is groter,
- b. Het parkbos is uitgebreid in omvang en het aangrenzende zachthoutbos is uitgebreid,
- c. Aan de dijk bij de Ossenwaard is zachthout oobos in een groter oppervlak ontwikkeld.
- d. Droge en natte ruigte ten noorden van het IJsselhotel zijn vervangen door hooiland.



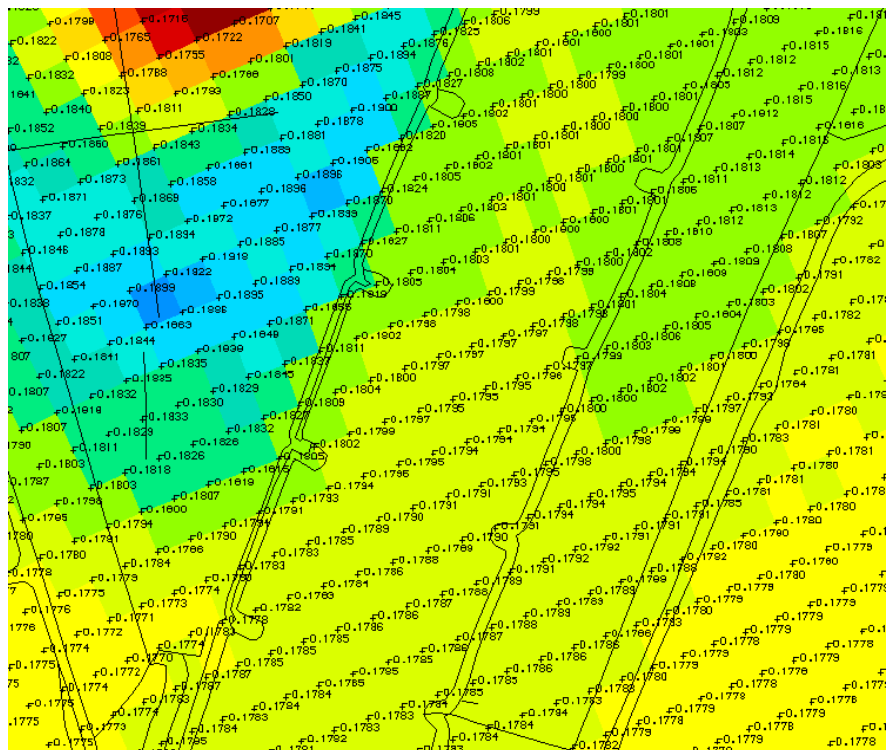
Figuur 38. Ruwheden prioritaire gebieden BWO



Figuur 39. Stroombeeld prioritaire gebieden BWO



Figuur 40. Effect op waterstanden prioritaire gebieden BWO (as rivier hele kilometers)



Figuur 41. Effect prioritaire gebieden detail.

	Maximale waterstandsaling bij het taakstellingspunt (942,5 -943,5) BWO Bolwerksplas, de Worp en Ossenwaard wp34f1_g
Prioritaire gebieden Bolwerksplas, de Worp en Ossenwaard	-0.180

Tabel 5. Berekend maximale waterstandsaling inrichtingsplan effect in meters
(maximum wordt gehaald rond rijk 943,330)

4. Conclusies

In de volgende tabel zijn de berekende effecten samengevat:

	KSO Zandweerd, Keizers, Stobben & Hengforderwaarden	BWO Bolwerksplas, de Worp en Ossenwaard
Rivierkilometers	946,5 – 947,5	942,5 – 943,5
Taakstelling	-0.080	-0.180
Inrichtingsplan	-0.101	-0.194
Vegetatieontwikkeling Prioritaire gebieden	-0.083	-0.180
Vegetatieontwikkeling X gebieden	-0.072	Niet bepaald

Tabel 6. Samenvatting effecten, effecten in meters

Voor beide gebieden voldoet het inrichtingsplan aan de taakstelling. Bij doorontwikkeling van de prioritaire gebieden blijven de effecten voor de KSO gebieden voldoen. Bij de BWO gebieden vindt bij doorontwikkeling nét geen overschrijding plaats van de taakstelling.

Bij ontwikkeling een klein aandeel struiken in de grasland en ruigte vegetaties in de gebieden x vindt voor beide projecten overschrijding plaats van de taakstelling.

De algehele conclusie is dat het ontwerp slechts zeer beperkte ontwikkeling van struiken toelaat buiten de daarvoor aangewezen gebieden.

Bijlagen

Bijlage 1. Toelichting bij de gehanteerde vegetatieruwheidscodes

Voor de hydraulische toetsing van het inrichtingsplan van de Keizers, Stobben, Hengforder, Olster waarden en Bolwerksplas, de Worp en Ossenwaard is de vegetatiekaart vertaald naar ruwheden. In deze brief wordt bescheven welke interpretatie is gegeven en wat daar de overwegingen bij zijn geweest.

Uitgangspunten

1. De vegetatiekaart die het uitgangspunt vormt voor de vertalingen is opgenomen in 95S865ROB060409_a4liggende boekje.pdf.
2. Bij het vertalen van vegetatie eenheden naar ruwheden is gebruik gemaakt van de tabel “vegetatie en codering HR2001-PKB-HR2006 060921.xls” zoals deze voorafgaande aan het project is meegeleverd.
3. Voor de vertaling is als uitgangspunt gehanteerd dat uit wordt gegaan van bestaande codes.
4. Hierbij wordt zowel gebruik gemaakt van vaste k waarden als van variabele k waarden.
5. Ook mozaïekvegetaties zijn toegestaan.
6. Zo eenvoudig als dat hydraulisch verantwoord is maar niet eenvoudiger dan dat.

Vertaling

Op basis van de voorgaande uitgangspunten is een vertaling gemaakt van de vegetatiekaart. Daarbij is een vertaaltabel gehanteerd welke is opgenomen als laatste tabel in deze brief.

Toelichting

Per eenheid wordt hierna toegelicht waarom die eenheid is gekozen.

Zand

Her en der in het gebied komt zand aan het oppervlak in overgangen naar het zomerbed en de kribvakken. Er is gekozen om deze gebieden de ruwheid te geven van kribvakken. De ruwheid is vrij laag ($k = 0.15$ m).

Overwogen kan worden om de ruwheid van pioniersvegetatie te geven (k ca 0.28). Deze kan echter ook betrekking hebben op slikoevers welke hier niet bedoeld worden.

Oeverwalruigte (structuurrijk grasland afgewisseld met dauwbraamruigtes, droge ruigtes en percentage struweel)

Aansluitend op de locaties waar zand aan het oppervlak voorkomt komen bij begrazing oeverwalruigtes tot ontwikkeling. Zonder enig verder ingrijpen komen in deze ruigten struwelen –i.h.b. meidoorn- tot ontwikkeling zoals goed te zien is in de oeverwal bij Fortmond.

Door de ligging van deze ruigtes grenzend aan het zomerbed kunnen zij een flinke impact hebben op waterstanden. In de basis is ervoor gekozen om in deze ruigten geen struweel op te nemen en deze struwelen in het interventiebereik te onderzoeken.

Als basis wordt gekozen voor de categorie droge ruigte (k ca 1.5 m). Dit is een realistische waarde voor ruigten zonder struwelen.

In de gebieden x wordt onderzocht of in deze ruigten struweel ontwikkeling toelaatbaar is.

Velden met vruchtwisseling (akker, grasland)

Op de hogere gronden wordt een vruchtwisseling beoogd. Akkers hebben een k waarde van 0.20 m productiegraslanden een k waarde van 0.295 m. Gekozen wordt voor de hoogste waarde. Dit kan een lichte overschatting geven van de weerstand.

Voorwaarde is wel dat er geen wintergewassen worden verbouwd met een hogere winterruwheid.

Grasland (productiegrasland, hooiland, gemaaid grasland)

Productiegraslanden krijgen een k waarde van 0.295 m.

Natuurlijk grasland (structuurrijk grasland met klein aandeel ruigte)

In de standaard ruwheden is deze combinatie niet voorhanden. Gekozen wordt om de hele eenheid de ruwheid van natuurlijk grasland toe te kennen volgens (k = 0.4 m). Dit zou een lichte onderschatting kunnen geven van de weerstand.

Intermezzo: Achterstallig beheer en stroomlijn

In de PKB32 referentie zijn de oeverwallen en de uiterwaarden in de Hengforder-waarden vrijwel volledig aangemerkt als productiegrasland. Uit gesprekken met terreinbeheerders is gebleken dat op de meeste plekken het beheer noch de vegetatie is gewijzigd sinds 1997. De werkelijke veldsituatie is en was, voor wat betreft het afvoerende vermogen van de rivier, slechter dan de Baseline PKB32 referentie weergeeft.

Als dit hydraulische verschil tussen werkelijkheid en referentie wordt opgelost binnen deze RVR projecten dan impliceert dit een verhoogde taakstelling. Dit heeft onder andere tot gevolg dat de beheerskosten toenemen. Een deel van de achterstand in het beheer (stroomlijn) wordt dan in het kader van deze RVR projecten (duurzaam) opgelost.

Bos (natuurlijk bos met struweelondergroei, struwelen)

De ruwheid van bossen en struwelen loopt uiteen van k = 5 tot k = 40. Hierbij speelt met name de waterdiepte een belangrijke rol. Daarnaast zijn nog vele andere factoren van invloed zoals, lichtinval (bosranden zijn dichter dan de kern), bodemopbouw en ouderdom.

In de projectgebieden zijn al veel bossen en struwelen aanwezig. Het is de bedoeling om vanuit deze kernen ruimte te bieden voor een voortgaande successie van deze kernen. Daarbij zullen de bestaande bossen verder doorontwikkelen.

Er is gekozen om alle bossen de ruwheid toe te kennen van zachthout ooibos (ruw_code = 776). Dit is voor struwelen aan de lage kant en voor hardhout ooibossen aan de hoge kant. De ervaring leert echter dat weerstandsverschillen bij k waarden van 12 en hoger in dit gebied(!) weinig invloed hebben.

Wel belangrijk is de diepteafhankelijkheid. In het gebied komen hoogteverschillen voor van ruim 5 m. Bossen op de hoge gronden worden ondiep overstroomd en hebben lage k waarden (0,5-10).

Moerasoever (natte ruigte, lisdodde, liesgras, rietgras, zeggen)

Op de overgangen van droge gronden naar geulen ontstaan natte oevers. Op deze natte oevers kunnen ecologisch waardevolle ruigten tot ontwikkeling komen bestaande uit de lisdodde, liesgras, rietgras, zeggen en vele andere soorten. Omdat deze natte oevers grenzen aan waterafvoerende geulen is de invloed van de vegetatie weerstand op de afvoer door de geulen aanzienlijk.

In het inrichtingsplan wordt om die reden geen struweel opgenomen in de natte ruigten. Deze moerasoevers zijn aangemerkt als natte ruigte homogeen (ruw_code = 763, k = 0.5 m).

In de gebieden x wordt onderzocht in welke mate in deze natte ruigten struweel ontwikkeling toelaatbaar is. Deze moerasoevers zijn aangemerkt als natte ruigte homogeen (ruw_code = 802, k ca 6 m).

idem zonder struwelen, Moerasoever (natte ruigte, lisdodde, liesgras, rietgras, zeggen)

De moerasoevers zijn op voorhand aangemerkt als zonder struweel omdat ze liggen in de hoofdstroom. Ook in de x gebieden krijgen deze eenheden geen aandeel struweel.

Watervegetatie

Submerse watervegetatie bestaande uit gele plomp, mattenbies, kranswieren en andere soorten is 'swinters grotendeels afwezig en wordt daarom voor de bepaling van maatgevende standen doorgaans niet meegenomen. Voor deze vegetatie is geen goede code voorhanden. Voor deze vegetatie is de ruwheid van nevengeulen aangenomen (ruw_code= 54, k waarde = 0.2). Hiermee is een, ten opzichte van plassen, licht verhoogde ruwheid ingebracht.

Parkbos

In de Worp is een groot park aanwezig van volwassen bomen waarvan sommige van aanzienlijke omvang en leeftijd. Het aantal bomen is echter klein en onder de bomen is gazon aanwezig. Gezien het zeer open karakter van het park is een lage hydraulische ruwheid gepast. Gekozen is voor de ruwheid van hoogstam boomgaard. Deze heeft een dichtheid van $0.1 \text{ m}^2/\text{m}^2$. De dichtheid van het park wordt geschat op ongeveer $0.005 \text{ m}^2/\text{m}^2$. De ruwheid van hoogstam boomgaard geeft dus een conservatieve schatting. Lagere ruwheden voor bostypen zijn in de standaard lijst echter niet beschikbaar.

Het is mogelijk om de weerstand van het parkbos exacter op te nemen door middel van een apart toegesneden ruwheid. Hierdoor neemt naderhand echter de kans op fouten toe. Daarom is er gekozen voor een eenvoudige licht conservatieve benadering. De effecten van de vereenvoudiging zijn naar verwachting uiterst klein ($< 1 \text{ mm}$).

Hagen

Voor hagen geldt de standaard ruwheid van heggen.

Gaarden

Voor de voorziene notengaarden is de ruwheid van hoogstam boomgaard opgenomen. Deze zijn representatief voor volwassen bomen. Kort na aanplant zijn de bomen nog klein en is de hydraulische ruwheid lager. Vaak wordt echter wat dichter aangeplant zodat er gaandeweg gedund kan worden. De gehanteerde ruwheid is wellicht iets aan de conservatieve kant.

Knotbomen

Het 2006 beoordelingskader heeft geen aparte ruwheid voor knotbomen. Om toch iets van de weerstand van knotbomen in de modellen onder te brengen zijn de knotbomen gemodelleerd als bomenlanen.

Naast de vegetatie eenheden zoals ze op de vegetatiekaart zichtbaar waren is er nog een iets gedetailleerdere uitwerking geweest voor enkele gebieden. Deze zijn in de tabel oranje gemerkt. Hierna volgt een toelichting van die gebieden.

Diep permanent water, Haven, bestaande plassen

Voor de diepe wateren en bestaande wateren is gekozen voor een ruwheidscode van plassen. De k waarde van plassen = 0.05 m.

Ondiep water

Voor ondiepere wateren is gekozen voor de ruwheid van strang met een k waarde van 0.15 m.

Gebouwen

Gebouwen zijn gemodelleerd als gebouw.

Verhard terrein

Verharde terreinen hebben de ruwheidscode 61 gekregen waarbij een k waarde hoort van 0.20 m.

Voor de gebieden x is voor een aantal terreinen de ruwheid verhoogd. Daarbij is voor natuurlijke graslanden en ruigten een aandeel struweel verdisconteerd. In het volgende overzicht is de invulling toegelicht.

Deeleenheid, gebieden x, Natuurlijk grasland

Als begrazing niet incidenteel wordt aangevuld met bloten dan ontstaat er vaak struweelvorming op natuurlijke graslanden. Deze struwelen zijn zowel landschappelijk als ecologisch waardevol. Waar mogelijk willen we ruimte bieden aan deze ontwikkeling.

In deze categorie is gekozen voor ruwheidscode 814, bestaande uit verruigd grasland met 2,5% struweel. De k waarde die hierbij hoort is sterk afhankelijk van de waterdiepte. Liever hadden we gekozen voor een ruwheidscode op basis van natuurlijk grasland en 5% struweel. Dit type (810) blijkt echter in de standaard software niet goed te werken.

De ruwheidscode die gekozen is heeft een lager aandeel struweel maar biedt meer ruimte voor ruigtevorming in de graslanden. Netto is de weerstand van beide vegetaties vergelijkbaar.

Deeleenheid, gebieden x, Moerasoever

Bij sterk fluctuerende waterpeilen ontstaat op natte oevers vaak struweelvorming. Om hiervoor meer ruimte te bieden is in de gebieden x voor een aantal van deze oevers ruw_code 828 gehanteerd. Deze code betreft natte ruigten met 25% open water en 5% (wilgen) struweel. Liever hadden we code 802 gehanteerd, deze code blijkt echter geen juiste k waarden op te leveren in de programmatuur.

Deeleenheid, gebieden x, Droge ruigte

Zoals eerder beschreven ontstaat er vaak struweelvorming op de oeverwallen. Dit geldt zeker als deze oeverwallen moeilijk bereikbaar zijn. Deze struwelen zijn landschappelijk en

ecologisch waardevol. In de gebieden x is ruw_code 818 gehanteerd voor een aantal oeverwallen. Deze ruwheidscode is een weergave van de ruwheid van droge ruigte met 5% struweel.

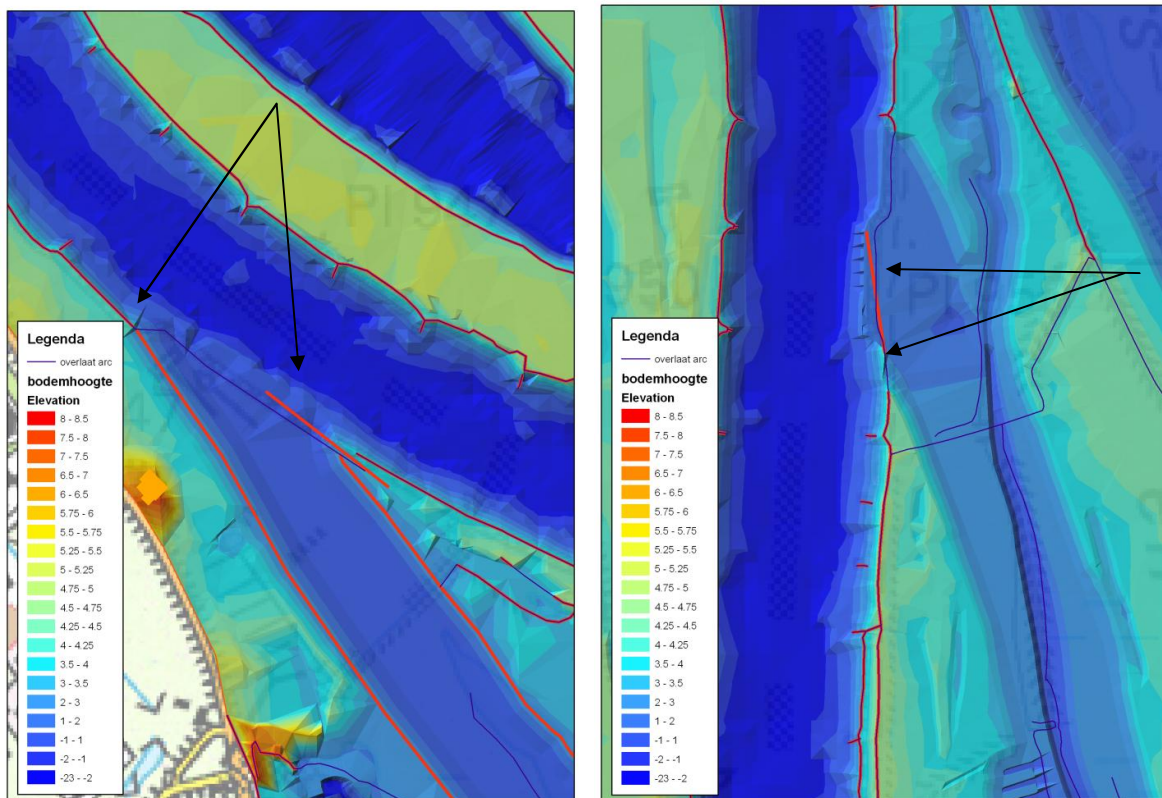
Overzichtstabel

Legenda eenheid	Inrichtingsplan & prioritaire gebieden	Ruw_code	K Nikuradse waarde
Zand	kribvakstrand/zandplaat/grindplaat	56	= 0.15 m
Oeverwalruigte (structuurrijk grasland afgewisseld met dauwbraamruigtes, droge ruigtes en percentage struweel)	droge ruigte	759	ca 1.5 m
Velden met vruchtwisseling (akker, grasland)	Glad grasland	210	= 0.295 m
Grasland (productiegrasland, hooiland, gemaaid grasland)	Glad grasland	210	= 0.295 m
Natuurlijk grasland (structuurrijk grasland met klein aandeel)	Natuurlijk grasland	212	= 0.4 m
Bos (natuurlijk bos met struweelondergroei, struwelen)	zachthoutooibos	776	ca 13 m
Moerasoever (natte ruigte, lisdodde, liesgras, rietgras, zeggen)	natte ruigte homogeen	763	ca 0.5 m
idem zonder struwelen	natte ruigte homogeen	763	ca 0.5 m
watervegetatie (gele plomp, mattenbies, kranswieren)	Nevengeul	54	= 0.20 m
Parkbos	Hoogstam boomgaard	778	ca 6 m
Hagen	Heggen	nvt	-
Gaarden	Hoogstam boomgaard	778	ca 6 m
Knothomen	Bomenlaan	nvt	-
Diep permanent water, Haven, bestaande plassen	Plassen & oppwater	11	= 0.05 m
Ondiep water	Strang	53	= 0.15 m
Gebouwen	Gebouw = ∞	nvt	Oneindig
Verhard terrein	verhard terrein = 0.20 m	61	= 0.20 m
Legenda eenheid	x gebieden	Ruw_code	K Nikuradse waarde
Deeleenheid, gebieden x, Natuurlijk grasland	Verruigd grasland 2,5 % struweel	814	raming ca 2 m
Deeleenheid, gebieden x, Moerasoever	Natte ruigte 25% open water 5% zachthout struweel	828	raming ca 6 m
Deeleenheid, gebieden x, Droge ruigte	Droge ruigte met 2,5% struweel	818	raming ca 6 m

Tabel 1. Overzicht gehanteerde ruwheden

Bijlage 2. Bijzondere geleidewerken

Bij de aantakkingen van Hanken worden de oever onderbroken. In het ontwerp is ernaar gestreefd om het kribritme en de normaalbelijning zoveel als mogelijk in stand te houden en zo de vaarweg op diepte te houden. Bij de aantakking van de Ossenhank, en de Stobbenhank zijn daarvoor bijzondere geleidewerken voorzien. Deze zijn in detail afgebeeld in de volgende figuren.



Figuur A. Geleidewerk Ossenhank

Geleidewerk Stobbenhank

Beide geleidewerken beginnen benedenstrooms pal tegenover een kribkop op normaalbreedte. Bovenstrooms zijn diep geworteld in de landtong aan de bovenstroomse zijde vergelijkbaar met de wijze waarop kribben worden aangesloten op de hoge oever. Omdat de landtongen smal zijn wordt het geleidewerk/krib wordt vrij ver doorgezet om achterloopsheid te voorkomen².

Geleidewerk Ossenhank lengte = 150 meter, 125 meter krib, 25 meter wortel,
Geleidewerk Stobbenhank lengte = 150 meter, 125 meter krib, 25 meter wortel.

² De ervaringen bij Gameren laten zien dat een diepe worteling noodzakelijk is om achterloopsheid te voorkomen.